

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

# НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

## Сатурн и как его наблюдать

05'22  
май

Небесный курьер (новости астрономии)    Забытые победы Франца Энке  
История астрономии начала XXI века    Небо над нами: май - 2022



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



- Астрономический календарь на 2005 год <http://astronet.ru>
- Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>
- Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>
- Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>
- Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>
- Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>
- Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>
- Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>
- Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>
- Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>
- Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>
- Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>
- Астрономический календарь на 2017 год <http://astronet.ru/db/msg/1360173>
- Астрономический календарь на 2018 год <http://astronet.ru/db/msg/1364103>
- Астрономический календарь на 2019 год <http://astronet.ru/db/msg/1364101>
- Астрономический календарь на 2020 год <http://astronet.ru/db/msg/1364099>
- Астрономический календарь на 2021 год <http://astronet.ru/db/msg/1704127>
- Астрономический календарь на 2022 год <http://astronet.ru/db/msg/1769488>
- Астрономический календарь - справочник <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>



- Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1211721>
- Солнечное затмение 1 августа 2008 года и его наблюдение (архив – 8,2 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1228001>



- Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб) <http://astronet.ru/db/msg/1236635>

- Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>
- Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>
- Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1219122>
- Астрономические хроники: 2007 год (архив - 8,2 Мб) <http://www.astronet.ru/db/msg/1225438>



- Противостояния Марса 2005 - 2012 годы (архив - 2 Мб) [http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005\\_2012.zip](http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip)



- Календарь наблюдателя на май 2022 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



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

- <http://www.astronet.ru/db/sect/300000013>
  - <http://www.astrogalaxy.ru>
  - <http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>
  - <http://www.astro.websib.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)
  - <http://ivmk.net/lithos-astro.htm>
- ссылки на новые номера - на <http://astronomy.ru/forum>



## Уважаемые любители астрономии!

В ясные ночи мая можно совершать увлекательные путешествия по звездному небу. Виктор Смагин расскажет нам о небесных объектах, видимых в этом месяце. «Майская пора отмечена целым рядом замечательных шаровых скоплений. Это и М5 - древний исполин, и парочка М10 с М12, и высокое скопление М3 - одно из самых ярких в Галактике. Ближе к утру становятся доступны и многие другие, но что такое утро в мае? На широте Москвы в конце месяца ночи становятся так коротки, что буквально успеваешь вынести из дома и как следует настроить телескоп. И все же, есть в этом времени года что-то особенное, что заставляет проникнуться всем естественным и прильнуть к лону родной природы. Май - все же не совсем лето, а поэтому, бывает, наблюдаешь, а вдруг налетит такой свежий порыв ветерка, что невольно задумываешься о далеких северных странах да нет, что там обо всей нашей планетке, накрытой иссиня-черным куполом неба. А в небе - висящей под чарующими соловьиными трелями - жемчужине М13. Курьезно, что само скопление М13 не много чем выделяется среди прочих: оно не самое большое и богатое на звезды, не самое близкое и не самое яркое на небе, да и расположение его в Галактике трудно назвать особенным. Но именно с него большинство любителей астрономии начали знакомиться с этим древним и удивительным классом небесных объектов, и именно его большинство из нас впервые разрешили на звезды. И, быть может, именно благодаря этому факту оно и достойно почетного звания самого любимого шарового скопления. Шаровые скопления достаточно легки для наблюдения. Даже в небольшой 70 мм телескоп за год можно увидеть около трех десятков этих объектов. Имея же в наличии телескоп от 10-ти, а лучше - от 15-ти сантиметров в диаметре стоит попытаться разделить шаровые скопления на отдельные звездочки. Скажу сразу - зрелище это незабываемое. А тогда, в ту далекую майскую ночь я совершил еще одно открытие. Несложно догадаться, что им стало соседнее скопление М92. Чуть более тусклое, и оно поразило меня чрезвычайно. Ведь открылось оно без какого-то ни было напряжения, а стало быть, я мог попробовать отыскать на небе и более слабые объекты.» Полностью статью можно прочитать в майском номере журнала «Небосвод» за 2009 год. Не смотря на давность публикации, она актуальна и сейчас. Наблюдайте и присылайте ваши статьи в журнал «Небосвод».

**Ясного неба и успешных наблюдений!**

Редакция журнала «Небосвод»

## Содержание

- 4 Небесный курьер (новости астрономии)  
Неоднородная гидратированная  
мантия обеспечила быструю  
эволюцию Земли в катархее  
Владислав Стрекопытов
- 7 Сатурн и его наблюдения  
Виталий Шведун, Астронет
- 11 Второй закон термодинамики  
для черных дыр подтвержден  
методами гравитационной  
астрономии  
Андрей Фельдман
- 14 Забытые победы Франца Энке  
Павел Тупицын
- 18 История астрономии 21 века  
Анатолий Максименко
- 28 Небо над нами: МАЙ - 2022  
Александр Козловский

Обложка: **Спиральная галактика NGC 2841**  
<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

Спиральную галактику NGC 2841, удаленную от нас всего на 46 миллионов световых лет, можно найти в северном созвездии Большой Медведицы. Это глубокое изображение величественной островной вселенной было получено за 32 ясные ночи в ноябре и декабре 2021 года и в январе 2022 года. На нем запечатлены выделяющееся желтое ядро, диск галактики и слабо светящиеся внешние области. Пылевые полосы, маленькие области звездообразования и молодые звездные скопления расположены в клочковатых, плотно закрученных спиральных рукавах. У многих других спиральных галактик рукава имеют правильную структуру с плавными изгибами и большими областями звездообразования. Диаметр NGC 2841 – более 150 тысяч световых лет – больше размера нашего Млечного Пути. Рентгеновские изображения показывают, что звездные ветры и взрывы сверхновых создают струи горячего газа, выбрасываемые в гало вокруг NGC 2841.  
Авторы и права: [Виталий Пеленёв](#)  
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») сайты созданы редактором журнала совместно с Александром Кременчуцким)

Обложка: **Н. Демин**, корректор **С. Беляков** [stgal@mail.ru](mailto:stgal@mail.ru) (на этот адрес можно присылать статьи)

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](mailto:stgal@mail.ru)

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

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

Сверстано 25.03.2022

© *Небосвод*, 2022

### Неоднородная гидратированная мантия обеспечила быструю эволюцию Земли в катархее



Рис. 1. Так по представлению художника выглядела поверхность Земли в катархее (на заднем плане — Луна). Рисунок с сайта [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Катархейский, или гадейский, эон (4,5–4,0 млрд лет назад) — самый ранний период геологической истории Земли, длившийся еще до появления континентов, атмосферы, океанов и первых проявлений жизни. В начале катархее Земля представляла собой сплошной океан магмы, а к его концу уже была похожа на ту планету, на которой мы живем сейчас. Никаких горных пород, относящихся к этому времени, не сохранилось, поэтому все реконструкции эволюции Земли в катархее — теоретические. Но у всех этих реконструкций есть проблема: слишком много изменений должно было произойти за очень короткий, по геологическим меркам, период, а это трудно объяснить, исходя из существующих представлений о геологических процессах. Недавно американские исследователи предложили модель, лишенную этой проблемы. Согласно их модели, формирование земной коры, расслоенной мантии и водного океана в катархее происходило одновременно и эти три процесса были взаимосвязаны.

Возраст Земли составляет 4,54 миллиарда лет (с погрешностью  $\pm 1\%$ ). Эти данные базируются на радиоизотопной датировке метеоритов (хондритов), возникших еще до начала формирования планет. Период от возникновения Земли за счет аккумуляции космического материала до времени образования современной земной коры (4,54–4,0 млрд лет назад) называют в русскоязычной геологической литературе катархеем, а в англоязычной — гадеем (см. Hadean).

Начавшая формироваться в катархее первичная литосфера была полностью переработана и погружилась в расплавленную верхнюю мантию в архейское время, когда вся поверхность Земли во время Поздней тяжелой бомбардировки (4,1–3,8 млрд лет назад) покрывалась магматическим океаном. Поэтому как таковых катархейских пород на Земле нет, но от них сохранились небольшие фрагменты — зерна обломочного циркона, которые геологи находят в осадочных породах более позднего возраста. Когда-то они входили в состав магматических пород катархейской литосферы. При разрушении и переработке последних эти

чрезвычайно прочные, химически устойчивые и тугоплавкие минералы сохранились. Самые древние цирконы (возрастом 4,4–4,0 млрд лет) находят в метаморфизованных конгломератах архейского возраста (2,65–3,05 млрд лет) из района Джек-Хиллс (Jack Hills) в Западной Австралии.

Как правило цирконы содержат в качестве примесей уран и торий, что позволяет довольно точно определять их возраст с помощью радиометрического датирования, а анализ микровключений и изотопного состава дает информацию об условиях, существовавших в момент их кристаллизации. Однако все модели эволюции Земли в катархее, построенные по этим данным, до сих пор сталкивались с одной и той же проблемой — невозможностью объяснить чрезвычайно высокую скорость, с которой происходили изменения.

Геохимические особенности цирконов из Джек-Хиллс указывают на то, что 4,3 млрд лет назад Земля уже имела парогазовую атмосферу, на ее поверхности присутствовала жидкая вода, а климат был близок к современному. То есть, всего за 250 млн лет бурлящий магматический океан, покрывавший всю поверхность Земли, превратился в пригодную для жизни среду. К этому же времени завершилось внутреннее расслоение недр с образованием континентальной (гранитной) земной коры и мантии (S. A. Wilde et al., 2001. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago). Для любых геологических процессов это слишком короткий срок.

Американские исследователи Ёшинори Миядзакэ (Yoshinori Miyazaki) из Калифорнийского технологического института и Джун Коренага (Jun Korenaga) из Йельского университета представили в журнале *Nature* новую модель, снимающую эти противоречия. В основе ее лежит гипотеза о том, что первичная мантия Земли была неоднородной, содержала большое количество воды и в ней преобладали пироксениты с высоким содержанием магния.

Все предыдущие модели исходили из того, что первичная мантия, как и современная, имела однородный химический состав, поддерживаемый общемантийной конвекцией. Это так называемая гипотеза мантийного пиролита (см. pyrolite), предложенная австралийским геологом Тедом Рингвудом в 1962 году. Рингвуд рассчитал, что базальты срединно-океанических хребтов, которые считаются производными пород верхней мантии, можно получить при плавлении одной части толеита (толеитового базальта) и трех частей дунита, а главными минералами мантийных пород являются пироксен и оливин (отсюда возник термин «пиролит» — ПИРоксен и ОЛИвин).

Традиционные теории формирования Земли предполагают, что первичная атмосфера сформировалась из газов, прежде всего  $\text{CO}_2$  и водяного пара, высвобождавшихся при застывании океана магмы. При этом из практически полностью обезвоженного расплава формировались породы мантии, а плотная атмосфера создавала мощный

парниковый эффект, который был одной из причин экстремально горячего климата на ранней Земле. Однако данные по цирконам указывают на то, что к концу катархея парциальное давление  $\text{CO}_2$  было уже ниже 1 бар, а температура поверхности резко снизилась. Это говорит о том, что действовал какой-то мощный механизм изъятия углекислого газа из атмосферы.

В настоящее время глобальный цикл углерода действует следующим образом: атмосферный  $\text{CO}_2$  преобразуется в океанических бассейнах в карбонатные минералы, которые осаждаются на поверхность океанической плиты, а затем вместе с ней затягиваются в мантию в зонах субдукции. Переплавленный материал плиты формирует магматические расплавы, которые поднимаются к поверхности. В процессе вулканизма  $\text{CO}_2$  возвращается в атмосферу. Таким образом поддерживается равновесие ее состава. Регулярное снижение содержания углекислого газа в атмосфере возможно, только если часть  $\text{CO}_2$  остается в связанном виде в мантии.

Авторы исследования предположили, что при застывании магматического океана образовывалась не однородная и практически сухая, а частично сохранившая воду мантия. По их расчетам, неоднородная гидратированная мантия способна поглощать в десять раз больше углекислого газа, чем пиролитическая. При таком варианте удаление избыточного углекислого газа из атмосферы могло завершиться уже через 160 млн лет после начала тектоники плит. Если бы мантия была пиролитической, то парциальное давление  $\text{CO}_2$  в атмосфере оставалось бы выше 10 бар в течение 1,5 млрд лет, то есть как минимум до середины архея (рис. 2).

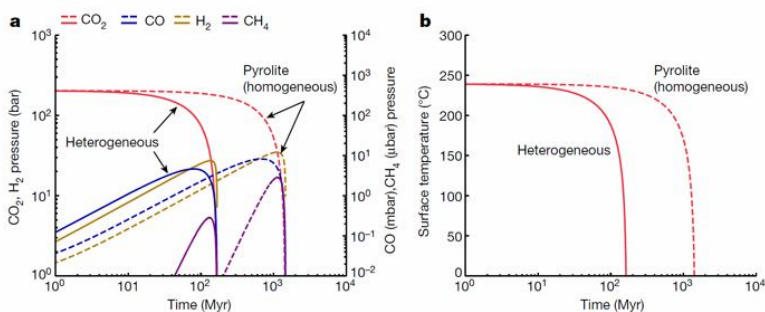


Рис. 2. Эволюция состава атмосферы и температуры поверхности после начала тектоники плит. а — изменения состава атмосферы в случае химически неоднородной (сплошные линии) и однородной пиролитической (пунктир) мантии. Начальное парциальное давление  $\text{CO}_2$  принято на уровне 200 бар, что соответствует объему, выделившемуся из магматического океана с содержанием 300 ppm  $\text{CO}_2$ . Моделирование проводилось до условного поглощения всего углекислого газа атмосферы мантией. б — изменение поверхностной температуры Земли в случае неоднородной (сплошная линия) и однородной (пунктир) мантии. По горизонтали — время в млн лет. Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature

Авторы считают, что в процессе охлаждения магматический океан ранней Земли довольно быстро потерял текучесть. В петрологии принято считать, что магма начинает вести себя как твердое тело с точки зрения реологии, когда доля расплава в ней снижается до 40 вес. %, а 60% уже является раскристаллизованной массой. При этом вода может оставаться в расплавленной части до тех пор, пока ее

доля в ней не опустится ниже 0,2 вес. %. Исходя из этого, исследователи предположили, что начальный объем воды в мантии составлял 0,04–0,1 вес. %. Это примерно соответствует 1,2–3 массам современного океана. В отличие от воды, большая часть  $\text{CO}_2$  дегазировалась в атмосферу еще в начале катархея, потому что  $\text{CO}_2$  менее растворим чем  $\text{H}_2\text{O}$  в силикатном расплаве.

Затвердевшая первичная мантия с законсервированной в ней водой непрерывно перемещалась вниз за счет неустойчивости Рэлея — Тейлора, а навстречу, в процессе перколяции, к поверхности двигался поток водяного пара и других летучих компонентов, просачивающийся сквозь пористую среду частично расплавленной верхней мантии. Другими словами, одновременно протекали взаимосвязанные процессы расслоения мантии и образования водного океана на поверхности Земли.

Когда температура поверхности опустилась ниже  $1000^\circ\text{C}$ , начала образовываться земная кора. Поверхностный слой верхней мантии, обогащенный пироксенами и оливином, застыл в виде океанической коры. Поднимающийся из более глубоких слоев обогащенный летучими компонентами перколяционный поток расплава создавал на своем пути магматические очаги, при излиянии из которых сформировался поверхностный изверженный слой — прообраз континентальной коры. При этом между гидратированной нижней мантией и корой появился слой деплетированной (истощенной) литосферной мантии (рис. 3).

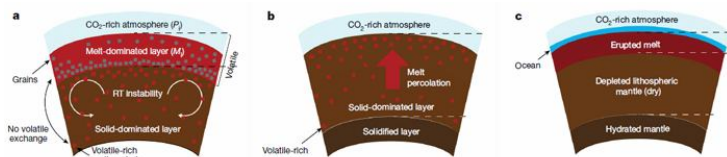
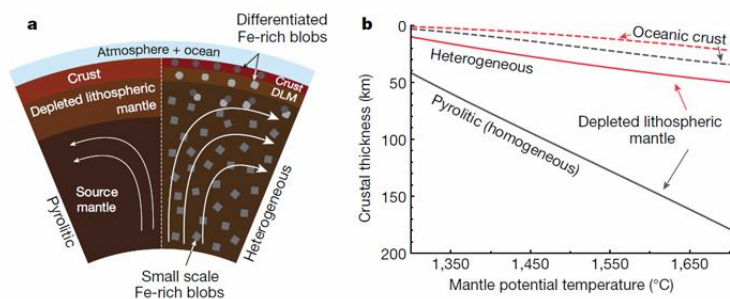


Рис. 3. Этапы эволюции верхней мантии в катархее. а — первичный магматический океан разделяется на два реологически различных слоя: в верхнем преобладает неоднородный расплав (melt-dominated layer) с участками частичной кристаллизации (grains), в нижнем — твердая фаза (solid-dominated layer) с «карманами» расплава, обогащенными летучими веществами (volatile-rich melt pocket, красные квадратики). Между слоями отсутствует обмен летучими компонентами (no volatile exchange), а в нижнем слое происходит перемешивание за счет неустойчивости Рэлея — Тейлора (RT instability). б — охлаждение верхней части мантии приводит к исчезновению верхнего расплавленного слоя, возникает перколяция — процесс порового просачивания обогащенного водой расплава к поверхности (melt percolation). В нижней части верхней мантии формируется твердый слой (solidified layer). в — излияния магмы, обогащенной летучими веществами, формируют изверженный слой (erupted melt), под которым остается истощенная обезвоженная мантия. Высвобождающейся при извержениях воды достаточно, чтобы на поверхности Земли образовался океан. В мантии вода сохраняется в связанном виде только в самых нижних слоях верхней мантии (hydrated mantle). Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature

По мнению исследователей, в раннем катархее тектоника плит в современном ее виде отсутствовала, так как в горячей, расслоенной по химическому составу мантии еще не началась тепловая конвекция. Скорее всего, быстрое обновление поверхности, необходимое для переноса и накопления  $\text{CO}_2$  в мантии, происходило благодаря

другому процессу — фракционной кристаллизации (см. Fractional crystallization) силикатов магния и железа.

Согласно результатам моделирования, которое провели авторы, первым из расплава химически неоднородной мантии выпадал брэдманит ( $MgSiO_3$ ) — Mg-силикат со структурой перовскита (см. silicate perovskite), который в процессе гравитационной дифференциации опускался вниз. Сегодня это один из главных минералов нижней мантии. Оставшаяся фракция расплава, обогащенная железом, формировала ступки, вкрапленные в матрицу пироксенита с высоким содержанием магния. Моделирование показало, что такая пироксенитовая мантия с мелкомасштабной неоднородностью по Mg—Fe, не позволяет сформироваться толстому слою деплетированной литосферной мантий, который служит подложкой для движения литосферных плит. Да и сама земная



кора над ним будет тоньше, чем в случае однородной пиролитической мантии (рис. 4).

Рис. 4. a — Толщина земной коры (crust) и деплетированной литосферной мантии (DLM — depleted lithospheric mantle) для модели пиролитической (pyrolytic) и неоднородной (heterogeneous) мантии. Серыми квадратиками показаны участки, обогащенные железом в магнезиальной мантии. Стрелками — конвекционные потоки. b — Зависимость толщины деплетированной литосферной мантии (сплошные линии) и океанической коры (пунктирные линии) для пиролитической (черным) и неоднородной (красным) мантии. Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature

Авторы также оценили возможную скорость движения литосферных плит после начала плитной тектоники для двух вариантов мантии: однородной и неоднородной. Во втором случае она оказалась намного выше (рис. 5).

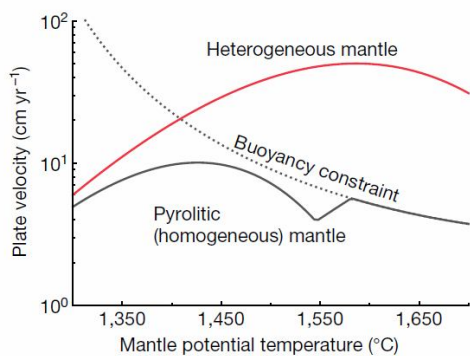


Рис. 5. Скорость движения плит (по вертикали, в см/год) в зависимости от температуры мантии (по горизонтали, в °C) в химически неоднородной (красным) и пиролитической (черным) мантии. В последнем случае скорость при температуре выше 1590°C дополнительно ограничена плавучестью (buoyancy constraint). Рисунок из обсуждаемой статьи в Nature

Исходя из полученных результатов, авторы делают вывод о том, что в катархее мантия была не пиролитическая, а гетерогенная, а первичные литосферные плиты двигались со значительно большей скоростью, чем сейчас. Как следствие, удаление  $CO_2$  из атмосферы происходило по порядку быстрее, что привело к тому, что уже к концу катархее на Земле сформировались условия для зарождения жизни. Исследователи считают, что наиболее благоприятными для этого были места, где молодая океаническая кора контактировала с морской водой. Богатые оливином породы верхней мантии подвергались при этом серпентинизации — процессу гидротермального изменения, при котором оливин замещается водным силикатом магния — серпентином.

Сегодня процесс серпентинизации ультраосновных магматических пород мантийного происхождения, к которым относятся и пироксениты, можно наблюдать в срединно-океанических хребтах. В частности, в 2000 году в центральной части Атлантического океана ученые обнаружили гидротермальное поле, получившее название «Затерянный город» (см. Lost City Hydrothermal Field). Здесь на глубине 750–900 м от поверхности, на склоне подводного горного массива Атлантик (см. Atlantis Massif) океанологи обнаружили множество серпентинит-известняковых построек высотой до 60 м, образовавшихся над выходами горячих источников (рис. 6).



Рис. 6. Карбонатные постройки (слева) и серпентинизированная порода на дне Атлантического океана в районе гидротермального поля «Затерянный город». Фото с сайта wikipedia.org

От широко известных «черных курильщиков», также расположенных в зонах срединно-океанических хребтов, эти гидротермы отличаются более низкой температурой (около 200°C) и щелочным составом — они обогащены соединениями натрия, калия, кальция, магния, железа, марганца и кремния, а также элементарным водородом и углекислым газом.

Башни «Затерянного города» привлекли внимание ученых прежде всего тем, что они микропористые, а размеры пор близки по размерам биологическим клеткам. Учитывая, что в щелочных источниках идет активный абиотический синтез множества простых органических молекул на основе метана и водорода, подобные образования в катархее могли стать отличным местом для зарождения жизни.

Источник: Yoshinori Miyazaki, Jun Korenaga. A wet heterogeneous mantle creates a habitable world in the Hadean // Nature. 2022. DOI: 10.1038/s41586-021-04371-9.

**Владислав Стрекопытов,**  
[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/5272006/Vladislav\\_Strekopytov](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5272006/Vladislav_Strekopytov)

## Сатурн и его наблюдения



Сатурн шестая планета от Солнца и вторая по величине:

*орбита:* 1,429,400,000 км (9.54 а.е.) от Солнца  
*диаметр:* 120,536 км (экваториальный)  
*масса:*  $5.68 \times 10^{26}$  кг

В римской мифологии Сатурн - бог земледелия. Ассоциируется с греческим богом Кроносом (Cronus), который был сыном Урана и Геи и отцом Зевса (Юпитера). Корнем английского слова "saturday" (суббота) является Сатурн, (смотри Appendix 4).

Сатурн известен с доисторических времен. Галилей первым в 1610 году наблюдал его в телескоп; он сделал запись в дневник, что был очень удивлен его странным видом. Интерпретация ранних наблюдений планеты были затруднена тем фактом, что Земля каждые несколько лет проходит через плоскость колец Сатурна. При этом вид изображений Сатурна с низким разрешением изменялся коренным образом. так было до 1659 г., когда Христиан Гюйгенс (Christiaan Huygens) правильно рассчитал геометрию колец. Кольца Сатурна были единственными в Солнечной Системе до 1977 года, когда очень слабые кольца были открыты вокруг Урана, (а немного позже вокруг Юпитера и Нептуна).



Первым космическим аппаратом, посетившим Сатурн, был в 1979 году Пионер 11, позже таб были Voyager 1 и Voyager 2. На пути к Сатурну сейчас находится Кассини (Cassini), он прибудет в 2004 году.

Когда смотришь на Сатурн в телескоп диск планеты выглядит сжатым у полюсов; его экваториальный и полярный диаметры отличаются почти на 10% (120,536 км и 108,728 км). Это результат его быстрого вращения и жидкого состояния. Остальные газовые планеты также сплюснены, но не так сильно.

Сатурн наименее плотный из всех планет; его средняя плотность (0.7 г/см<sup>3</sup>) -- меньше, чем у воды.

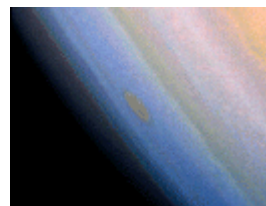
Как и Юпитер, Сатурн состоит из 75% водорода и 25% гелия со следами воды, метана, аммиака и "горных пород". Состав Сатурна похож на начальной состав Протосолнечной Туманности, из которой сформировалась Солнечная Система.

Внутреннее строение Сатурна подобно строению Юпитера. Планета состоит из твердого ядра, окруженного слоем жидкого металлического водорода, а снаружи -- слоем молекулярного водорода. Там также присутствуют следы различных льдов.

Температура внутри планеты высокая (12000 К в ядре). Сатурн излучает в космическое пространство больше энергии, чем получает от Солнца. Большая часть этой энергии вырабатывается механизмом Кельвина-Гельмгольца, также как и на Юпитере. Но этого не достаточно чтобы объяснить светимость Сатурна; должен действовать еще какой-то механизм, возможно, "истечение" гелия из глубин Сатурна.



Полосы, так заметные на Юпитере, на Сатурне гораздо слабее. Они так гораздо шире вблизи экватора. Детали этих облаков с Земли не различимы, поэтому до визита Вояджера 1 невозможно было изучать циркуляцию атмосферы Сатурна. На Сатурне также обнаружены долгоживущие овалы (красное пятно в центре изображения справа) и другие особенности известные на Юпитере. В 1990 году Хаббловский телескоп наблюдали огромное белое облако вблизи экватора Сатурна, этого пятна не было во время визита Вояджера; в 1994 году, наоборот, был обнаружен довольно маленький шторм.



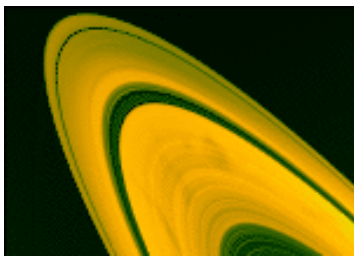
С Земли у Сатурна можно увидеть два сильно выступающих кольца (А и В) и одно слабое кольцо (С). Промежуток между кольцами А и В известен, как щель Кассини (Cassini Division). Более слабые

промежутки во внешней части кольца А известны, как Деление Энке (Encke Division) (но это отчасти ошибочное название, так как, очень вероятно, что сам Энке его никогда не видел). На картинках с Вояджера 1 видны четыре дополнительных нечетких кольца. Кольца Сатурна, в отличие от колец других планет, очень яркие (альbedo 0.2 - 0.6).

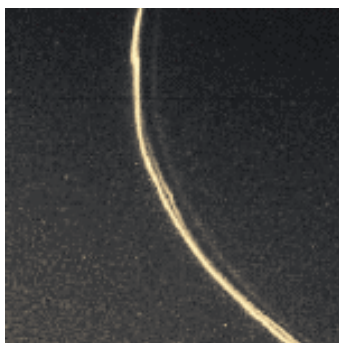
Хотя с Земли кольца выглядят сплошными, на самом деле они состоят из несчетного количества маленьких частиц, у каждой из которых своя независимая орбита. Их размеры колеблются от сантиметра до нескольких метров. Также возможны объекты размером в несколько километров.

Кольца Сатурна необычайно тонки: хотя их диаметр равен или больше 250,000 км, их толщина не превышает 1.5 километров. Вопреки своему впечатляющему внешнему виду, кольца содержат очень мало вещества - если их сжать в одно тело, то оно бы не было бы больше 100 км в поперечнике.

Частицы колец состоят, вероятно, в основном водяного льда, но могут также включать в себя частички твердых пород замороженных в лед.



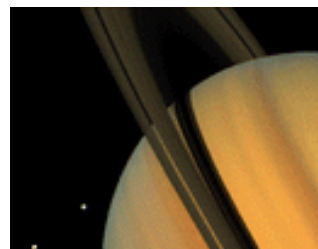
Вояджер подтвердил существование загадочных радиальных неоднородностей в кольцах, называемых "спицами", о которых впервые сообщили астрономы-любители (слева). Природа неоднородностей пока не ясна, но возможно, она каким-то образом связана с магнитным полем Сатурна.



Самое внешнее кольцо Сатурна, F-кольцо, имеет очень сложную структуру. Оно состоит из нескольких маленьких колец, вдоль которых видны "уплотнения" ("knots"). Ученые фантазируют, что, возможно, эти наросты могут быть комками вещества из которого состоят кольца или мини-лунами. Странное переплетение, заметное на фотографиях с Вояджера 1 (справа), отсутствует на снимках с Вояджера 2, возможно, потому что Voyager 2 фотографировал те области, где

компоненты колец приблизительно параллельны друг другу.

Между некоторыми спутниками Сатурна и системой колец наблюдаются приливные резонансы: некоторые спутники, так называемые, "спутники-пастухи" (shepherding satellites) (Атлас, Прометей и Пандора) играют важную роль в удержании колец на месте; Мимас, возможно, отвечает за отсутствие dtotcndf в щели Кассини, которая, вероятно, подобна люкам Кирквуда (Kirkwood gaps) в поясе астероидов; Пан находится внутри Деления Энке. Вся система резонансов очень сложна и еще плохо изучена.



Происхождение колец Сатурна (и других планет группы Юпитера) не известно. Хотя эти планеты могли иметь кольца с момента своего формирования, но системы колец неустойчивы и вещество в них постоянно должно пополняться, например за счет разрушения более крупных спутников. Как и другие планет группы Юпитера, Сатурна обладает мощным магнитным полем.

В ночное время Сатурн легко виден невооруженным глазом. Хотя он не так ярок, как Юпитер, в нем легко узнать планету, так как он не "мерцает", как звезда. Кольца и большие спутники видны в маленький астрономический телескоп. Существует несколько Веб сайтов, которые показывают текущее положение Сатурна (и других планет) на небе. Более детальные и настраиваемые карты могут быть созданы с помощью программ-планетариев, таких как Звездная Ночь (Starry Night).

Когда кольца Сатурна наклонены к наблюдателю под небольшим углом ( $\pm 4$  градуса), можно наблюдать прохождение тени Титана по диску планеты. Для этого потребуется телескоп с диаметром объектива 250–300 мм и устойчивая атмосфера.

### Визуальные наблюдения Сатурна в телескоп

Сатурн - одна из самых красивых планет солнечной системы. Главным украшением планеты является кольцо, опоясывающее планету по экватору.

Сатурн – шестая от Солнца планета и одна из четырех газовых планет-гигантов, уступающая в размере только Юпитеру. Полный оборот вокруг Солнца Сатурн делает примерно за 29 лет. Масса Сатурна превышает земную в 95 раз, но плотность планеты всего 0.7 от плотности воды. И если бы поместили бы планету Сатурн в гигантский океан, то он бы плавал в нем, как спелый арбуз. Диаметр планеты 120536 км, Земли всего 12756 км.





Мощная атмосфера Сатурна состоит из водорода и гелия с примесями метана, аммиака и паров воды. Из-за аммиачных облаков, поверхность облачного слоя Сатурна гораздо менее контрастная, чем у Юпитера, полосы которого видны уже в сильную подзорную трубу. Иногда в облачных поясах Сатурна наблюдаются светлые пятна и вихри. Они мало контрастные и их очень тяжело увидеть в телескоп. Штормовая активность планеты имеет 30 летний цикл. Любителям астрономии удавалось сфотографировать эти пятна штормов, а иногда и наблюдать. Также как и Юпитер, Сатурн опоясан системой темных облачных поясов и светлых зон, с названиями которых вы можете ознакомиться на рисунке. В небольшой телескоп на Сатурне сразу заметен розово-желтый пояс. Разрешение небольшого телескопа не позволяет разбить эту полосу на два пояса SEB (Южный Экваториальный пояс) и STeB. Для наблюдения этих полос по отдельности нужен телескоп от 150 мм диаметром.

При наблюдении Сатурна обратите внимание на полярную шапку планеты. Она имеет сероватый оттенок и в телескопы диаметром от 200 мм на самом полюсе планеты можно увидеть темное пятнышко. Замечу, что полярные области планеты нужно наблюдать при максимальном раскрытии колец, т.е. тогда когда планета максимально повернута к наблюдателю полюсом. Такое событие было в 2016 - 2017 годах, следующий раз кольца Сатурна максимально раскроются в 2031 - 2033 годах.

Для успешного наблюдения Сатурна можно воспользоваться цветными фильтрами. Например, желтый и оранжевый фильтры позволят лучше рассмотреть пояса планеты. Зеленый и голубой фильтры применяются для наблюдения деталей с голубоватым оттенком. А фиолетовый фильтр для наблюдения деталей в кольцах Сатурна. Но нужно помнить, что фильтры бывают разной плотности и более плотные фильтры плохо подходят для наблюдения в небольшие телескопы. Проведением успешных наблюдений планет способствует зарисовка планеты. Шаблон Сатурна на данный период наблюдений можно скачать по адресу - <http://www.alpo-astronomy.org/saturn/satfrms.html>

## Кольца Сатурна.

Самой примечательной деталью Сатурна является его кольцо. Кольцо состоит из мелких частиц, пыли и глыб до 1 км. диаметром. Уже в самый маленький телескоп можно увидеть кольца Сатурна. В небольшой телескоп видно, что кольца Сатурна разделены темным промежутком на два кольца, внешнее кольцо А, и внутреннее кольцо В, которое является самым ярким кольцом Сатурна. Этот промежуток называется щелью Кассини. Ширина щели Кассини 4537 км. В более крупные телескопы можно увидеть кольцо С, или как его называют креповое кольцо. Оно выглядит как полупрозрачное темное кольцо и находится ближе к планете, чем кольцо В.

На самом деле кольца А, В и С состоят из множества тонких колечек. Так кольцо А разделено еще делением Энке. Толщина деления Энке всего 325 км, и чтобы его наблюдать, нужен телескоп диаметром от 200мм и очень спокойная атмосфера.

Но в небольшие телескопы в кольце А можно заметить минимума Энке. Минимума Энке выглядит как потемнение в середине кольца А. При максимальном раскрытии колец Сатурна можно попытаться рассмотреть так называемые спицы в кольце В, и очень редко в крупный телескоп в кольце А. Спица выглядит как радиальные потемнения отходящие от внутренней стороны кольца. Также в кольце В можно наблюдать минимы. Это обычно два-три темных колечка или дуги.

## Спутники Сатурна.

Сатурн имеет довольно большую свиту спутников. В бинокль можно увидеть самый крупный спутник Сатурна Титан, а в телескоп от 200 мм диаметром можно постараться увидеть диск Титана. Во время противостояния Сатурна угловой диаметр Титана равен 0.9". В телескопы любителям астрономии доступно восемь лун Сатурна. В небольшие телескопы помимо Титана можно увидеть близко к планете тройку спутников, это Диона, Тетис и Рея.

Название спутника Сатурна	Зв. в.	Диаметр (км)	Сидерический период (дни)
Мимас (Mimas)	12,7	418,2×392,4×382,8	0,942422
Энцелад (Enceladus)	11,5	513×503×497	1,370218
Тефия (Tethys)	10	1080,8×1062,2×1055	1,887802
Диона (Dione)	10,2	1127,6×1122×1120,6	2,736915
Рея (Rhea)	9,5	1535,2×1525×1526,4	4,518212
Титан (Titan)	8	5150	15,94542
Гиперион (Hyperion)	14	360×280×225	21,27661
Япет (Iapetus)	11	1494,8×1424,8	79,3215

Также можно увидеть спутник Сатурна Япет, но из-за того, что он удален от планеты, его трудно идентифицировать среди звезд. Еще одной особенностью Япета является его переменный блеск, замеченный еще Джованни Кассини, в зависимости от положения спутника относительно Сатурна. Это происходит из-за того что Япет повернут всегда одной стороной к Сатурну и имеет светлую и темную стороны.

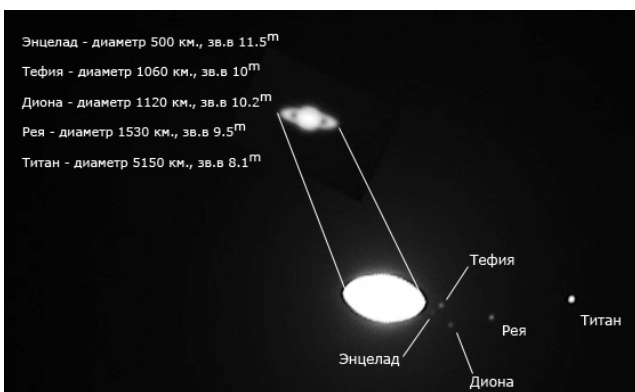


Фото Сатурна и его ярких спутников

В телескопы диаметром от 200 мм можно устроить охоту на Энцелад. Это спутник вращается довольно близко от планеты и часто тонет в ярких лучах Сатурна. Энцелад нужно ловить тогда, когда он находится справа или слева от колец Сатурна на максимальном расстоянии от них. Во время пропадания колец Сатурна в 300 мм телескоп можно попытаться отыскать Мимас. Это самая близкая луна к Сатурну доступная любителям астрономии для наблюдения. Также в 300мм телескоп можно попробовать отыскать Гиперион.

### Зарисовки и фото Сатурна

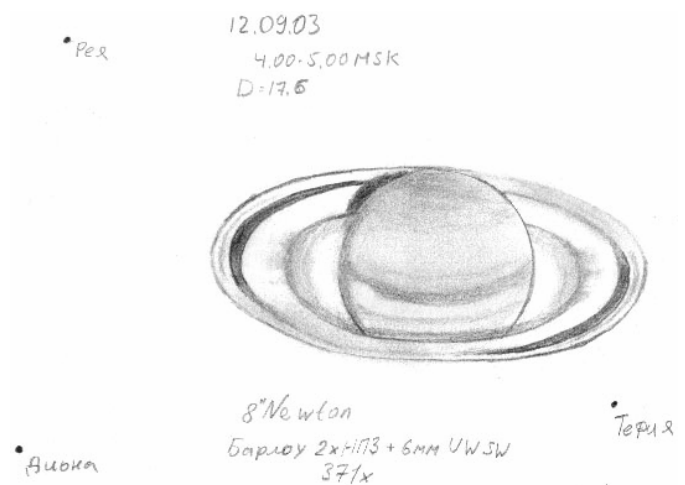


Фото и зарисовка выполнены при наблюдении в 8" Добсон. Во время наблюдений я использовал цветные светофильтр Baader Planetarium в основном желтым и оранжевым. Во время зарисовки Сатурн был великолепен. Было легко видно щель Кассини и

три спутника вокруг кольца, не считая Титан, и все это в 55х!

С большим увеличением даже показалось, что видно Энцелад. В это время он был около Тефии. При 371х Сатурн оставался очень контрастным и четким. В начале немного атмосфера раздваивала щель Кассини. Присмотревшись к кольцу А я увидел неоднородность свечения. Ну, думаю,

это щель Кассини из-за турбуленции раздваивается. Но это был минимум Энке! Так четко и уверенно я ее никогда еще не видел. Она видна как серая широкая полоска делящая кольцо А почти пополам. К сожалению, рефракция на зарисовке размывает правую верхнюю и левую нижнюю границу кольца. На толстой части кольца В, где оно примыкает к Креповому кольцу, я заметил неоднородные темные пятна. Само Креповое кольцо было видно очень четко.



Даже видно как Сатурн просвечивается сквозь креповое кольцо. А само кольцо в этом месте серого цвета.

Диск Сатурна был великолепен. Такого светло серо оранжевого бархатного цвета. На нем я увидел не только оранжевую полоску SEB (южный экваториальный пояс), которая видна всегда и практически в любой телескоп, но и еще одну-две полоски. Очень четко EB (экваториальный пояс), около кольца снизу, и на пределе над широкой оранжевой полоской (быстрее всего это темный край SEB). Слева диска широкая полоска снизу как бы откусана, но видно это на пределе. Очень четко видна была фаза планеты. К тому же если на Луне по понятной причине терминатор резко очерчен, то у Сатурна он размыт. Сам терминатор довольно широк и даже видно, что он голубоватого цвета со стороны освещенной части планеты. Потом он сереет, темнеет и сходит на нет. На кольце четко видна тень от планеты.

*Ясного неба и успешных наблюдений!*

**Виталий Шведун**, <http://www.shvedun.ru>

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

**Астронет**, <http://www.astronet.ru/>

<http://www.astronet.ru/db/msg/1170734/saturn.html>

## Второй закон термодинамики для черных дыр подтвержден

**Второй закон термодинамики для черных дыр подтвержден методами гравитационной астрономии**



*Рис. 1. Симуляция слияния двух черных дыр. Кадр из ролика, подготовленного на основе данных, полученных гравитационно-волновой обсерваторией LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) при регистрации события GW150914 — первого зафиксированного слияния черных дыр*

Проверка справедливости Общей теории относительности (ОТО) для сильных гравитационных полей — одна из важнейших и сложнейших задач современной экспериментальной гравитационной физики. Проблем на этом пути много, но одна из основных заключается в том, что гравитационные поля подавляющего большинства доступных для наблюдения космических объектов сравнительно слабы. Главным источником сильных гравитационных полей являются черные дыры, «прямое» исследование которых до недавнего времени было невозможно. Но в 2015 году ученым удалось «поймать» гравитационно-волновую рябь от слияния двух черных дыр, а в 2019 году — «сфотографировать» ближайшие окрестности сверхмассивной черной дыры в центре галактики M87 и запечатлеть ее «тень» на аккреционном диске. Сейчас счет зарегистрированных слияний черных дыр идет уже на десятки, так что у ученых нет недостатка в данных. Но продолжается анализ и самого первого зарегистрированного слияния: американские астрофизики смогли определить площадь горизонтов событий участвовавших в нем черных дыр и показали, что площадь горизонта образовавшейся в результате слияния дыры превышает сумму площадей горизонтов двух исходных дыр. Таким образом, они подтвердили сформулированное Стивеном Хокингом следствие из уравнений ОТО, согласно которому площадь горизонтов черных дыр не может уменьшаться с ходом времени. Это следствие во многих отношениях аналогично второму началу термодинамики для черных дыр.

Существование черных дыр является одним из важнейших предсказаний Общей теории относительности (ОТО), представляющей собой релятивистскую теорию гравитации, обобщающую закон тяготения Ньютона на случай сильных гравитационных полей и высоких (то есть сравнимых со скоростью света) скоростей движения взаимодействующих объектов. ОТО, построенная Альбертом Эйнштейном в 1915–1916 годах (подробнее об истории этой теории читайте в новости Столетие ОТО, или Юбилей «Первой ноябрьской революции», «Элементы», 25.11.2015), является геометрической теорией гравитации. Это означает, что она интерпретирует гравитационные силы как изменение геометрии пространства-времени, вызванное наличием в нем материи и полей.

Согласно ОТО, черная дыра представляет собой точку бесконечной плотности, но конечной полной массы (так называемую сингулярность), окруженную горизонтом событий — сферической поверхностью, радиус которой определяется массой и скоростью вращения материи (или моментом импульса), из которой черная дыра сформировалась и из-под которой не может выйти никакой сигнал. Внешний наблюдатель не может получить какую-либо информацию о процессах, происходящих под горизонтом. Но если принять во внимание квантовые эффекты, то оказывается, что черная дыра все-таки может излучать частицы, но этот эффект, как мы увидим ниже, очень слаб и почти всегда может быть проигнорирован.

Черные дыры образуются при сжатии (коллапсе) достаточно массивных звезд на определенных этапах их эволюции либо при столкновении звезд или других черных дыр друг с другом. Массы черных дыр варьируются от нескольких до нескольких миллиардов масс Солнца. Самые массивные черные дыры обычно располагаются в центрах галактик. Есть такая черная дыра и в центре нашего Млечного пути (доказательство ее существования было отмечено прошлогодней Нобелевской премией, см. новость Нобелевская премия по физике — 2020, «Элементы», 13.10.2020).

В 1971 году Стивен Хокинг доказал теорему, утверждающую, что суммарная площадь горизонтов событий всех черных дыр не может уменьшаться со временем, если принимать во внимание любые классические (то есть не квантовые) взаимодействия (S. W. Hawking, 1972. Black holes in general relativity). Это свойство очень напоминает Второе начало термодинамики, которое гласит, что энтропия (часто называемая мерой беспорядка) замкнутой системы тоже является неубывающей с течением времени величиной. Утверждение о том, что у черных дыр есть энтропия и что она

пропорциональна площади горизонта, было впервые явно сформулировано Яковом Бекенштейном (J. D. Bekenstein, 1972. Black holes and the second law). Кроме того, Хокинг показал (S. W. Hawking, 1975. Particle creation by black holes), что черная дыра может излучать частицы (это излучение обычно называют излучением Хокинга), что опять же напоминает термодинамическое поведение нагретого тела. Температура черной дыры определяется следующей формулой:

$$T = \frac{1}{8\pi GM}$$

где  $G$  — это гравитационная постоянная Ньютона, а  $M$  — масса черной дыры. Эта и почти все последующие формулы справедливы для так называемой шварцшильдовской черной дыры, у которой отсутствует момент вращения; у всех реальных черных дыр момент вращения ненулевой, но его учет не меняет картины качественно; также здесь и далее скорость света принята за единицу — это традиционное соглашение в физике частиц и астрофизике. Для черной дыры с массой порядка массы Солнца температура оказывается равной примерно  $10^{-7}$  кельвин.

Используя закон Стефана — Больцмана, связывающий мощность теплового излучения единицы площади поверхности тела (единицы площади горизонта событий в случае черной дыры)  $J$  с его температурой

$$J = \sigma T^4$$

где  $\sigma$  — это так называемая постоянная Стефана — Больцмана, находим, что время, за которое такая черная дыра излучит всю свою массу (а значит, согласно формуле  $E=mc^2$ , — и энергию), составляет приблизительно  $10^{68}$  лет (для сравнения, возраст Вселенной составляет примерно  $1,4 \cdot 10^{10}$  лет), что объясняет возможность пренебречь излучением во всех практических задачах.

Энтропия  $S$  черной дыры, согласно Бекенштейну, связана с площадью ее горизонта событий  $A$  и массой  $M$  так:

$$S = \frac{A}{4G} = 4\pi GM^2$$

Если рассматривать черную дыру с ненулевым моментом импульса  $I$  (это так называемая Керровская дыра), то соотношение  $S = \frac{A}{4G}$  остается неизменным, а площадь горизонта событий и температура черной дыры оказываются связанными с  $I$  и  $M$  следующими формулами:

$$A = 8\pi G^2 M^2 (1 + \sqrt{1 - \chi^2}), \quad T = \frac{1}{4\pi GM} \frac{\sqrt{1 - \chi^2}}{1 + \sqrt{1 - \chi^2}}$$

$$\text{где } \chi = \frac{I}{GM^2}$$

Может показаться, что излучение Хокинга нарушает Второй закон термодинамики для черных дыр, так как в результате этого излучения масса черной дыры, а из-за этого — и площадь ее горизонта событий, уменьшается. Но на самом деле это не так. Второй закон термодинамики утверждает, что

энтропия замкнутой системы не может уменьшаться, но в случае излучающего объекта замкнутой системой нужно считать сам источник вместе с его излучением. Сумма их энтропий остается неубывающей величиной, что справедливо также и для излучающей по Хокингу черной дыры.

Помимо очень слабого излучения Хокинга черные дыры могут испускать и другой тип излучения: взаимодействуя с другими макроскопическими объектами, дыра может порождать гравитационные волны. Этот эффект очень похож на излучение электромагнитных волн ускоренно движущимися зарядами с той разницей, что основной вклад в электромагнитное излучение дает изменение дипольного момента системы зарядов, а в гравитационное излучение — квадрупольного. Амплитуда  $a$  гравитационного излучения системы массой  $M$  и характерного размера  $s$ , квадрупольный момент которой колеблется с частотой  $\nu$ , на расстоянии  $r \gg s$  от нее приблизительно равна

$$a \sim GM \frac{\nu^4 s^2}{r}$$

Гравитационные волны являются волнами геометрии пространства-времени, так что, когда волна проходит по системе из нескольких тел, расстояние между ними немного меняется. Именно это изменение расстояния между объектами и измеряется в гравитационно-волновых экспериментах, для чего удобно ввести величину

$$h = \frac{\Delta d}{d}$$

(где  $d$  — это расстояние между двумя объектами, а  $\Delta d$  — его изменение из-за гравитационной волны), называемую натяжением (strain).

Из формулы для амплитуды гравитационного излучения видно, что для того, чтобы система излучала гравитационные волны с высокой интенсивностью, колебания в ней должны происходить с большой частотой. Этого проще всего достичь для системы, состоящей из компактных объектов. Лучшим примером такой системы является пара черных дыр, вращающихся друг вокруг друга и в конце концов сливающихся воедино. При этом несколько десятков процентов суммарной массы сливающихся черных дыр может быть преобразовано в гравитационное излучение.

Впервые волны, образовавшиеся в результате слияния пары черных дыр (это событие было обозначено GW150914), были обнаружены гравитационной обсерваторией LIGO в 2015 году (B. P. Abbott et al., 2016. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger; см. также новость Гравитационные волны — открыты!, «Элементы», 11.02.2016). Это открытие подтвердило реальность существования гравитационных волн и было удостоено Нобелевской премии по физике 2017 года.

Приведенная выше формула для амплитуды гравитационного излучения точна в случае достаточно стабильной системы, в которой частота колебаний  $\nu$  и характерный размер  $s$  меняются

относительно медленно. Но оба этих условия нарушаются на финальных этапах сближения черных дыр, а потому исследователи вынуждены решать уравнения ОТО численно. В качестве начальных данных вводятся гравитационные поля далеко расположенных друг от друга черных дыр с заданными массами и моментами вращения, которые движутся навстречу друг другу, а дальнейшее их движение и излученные ими гравитационные волны высчитываются на компьютере. Сравнивая расчетные данные со спектром, продолжительностью и интенсивностью гравитационного излучения, которое регистрируется детектором на Земле, можно получить все параметры сближающихся черных дыр.

Аналогично обстоит дело и с образовавшейся большей черной дырой: спектр и интенсивность излучения, генерируемого колеблющимся после слияния горизонтом, моделируются численно, и сравнение расчетов с регистрируемым излучением позволяет найти массу и момент вращения реальной черной дыры.

Событие GW150914 представляло собой слияние двух черных дыр массой около 30 и 35 масс Солнца (по новым данным их массы составляли 31 и 39 масс Солнца, см. A. Ghosh et al., 2021. Constraints on quasinormal-mode frequencies with LIGO-Virgo binary–black-hole observations), произошедшее на расстоянии 1,5 миллиарда световых лет от Земли. Полная энергия излученных гравитационных волн составила около трех солнечных масс, а мощность излучения в течение последних 20 миллисекунд перед слиянием достигала приблизительно  $3,6 \cdot 10^{49}$  Ватт, что превышает суммарную мощность светового излучения всех звезд в наблюдаемой Вселенной примерно в 50 раз. Большая часть энергии гравитационных волн была сосредоточена в диапазоне частот от 50 до 250 Гц, а частота обращения черных дыр вокруг центра масс доходила до 75 Гц.

С тех пор как было зарегистрировано событие GW150914, на детекторе LIGO и его аналоге Virgo, расположенном в Италии, было обнаружено еще около 50 подобных событий (A. Ghosh et al., 2021. Constraints on quasinormal-mode frequencies with LIGO-Virgo binary–black-hole observations), но только у одного из них, GW190521, представлявшего собой слияние двух черных дыр с массами примерно 85 и 66 масс Солнца (в только что указанной статье A. Ghosh et al. приводятся другие оценки масс участников слияния: 150 и 120 Мс), была сопоставима сила сигнала (R. Abbott et al., 2020. GW190521: A Binary Black Hole Merger with a Total Mass of 150 Мс, см. также новость Зафиксирован гравитационно-волновой след от рождения черной дыры промежуточной массы, «Элементы», 07.09.2020).

А недавно команда физиков из Массачусетского технологического института (MIT) и других университетов более детально проанализировала данные, собранные LIGO, для того чтобы проверить, справедлива ли теорема Хокинга в

действительности, а не только на бумаге. Небольшая статья с их результатами опубликована в свежем выпуске журнала Physical Review Letters. Для этого они подробно изучили весь спектр и интенсивность гравитационных волн, которые были излучены участвовавшими в событии GW150914 черными дырами сначала при их сближении и вращении друг вокруг друга, а затем при формировании третьей черной дыры. Если ОТО, частью которой является теорема Хокинга, верна, то площадь горизонта образовавшейся черной дыры должна быть не меньше суммарной площади горизонтов двух слившихся черных дыр.

Итак, чтобы проверить справедливость теоремы Хокинга, авторы разделили весь полученный сигнал на две части: первая часть соответствует гравитационному излучению при спиралевидном движении двух черных дыр по направлению к центру масс, а вторая — излучению, вызванному колебаниями уже общего горизонта событий (синяя и желтая линии на рис. 2, соответственно).

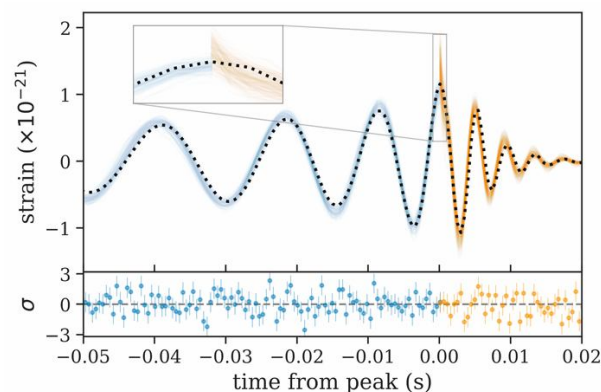


Рис. 2. Измеренное экспериментом LIGO натяжение  $h$  в гравитационной волне от события GW150914. На горизонтальной оси отложено время, за начало отсчета выбран момент соприкосновения горизонтов двух черных дыр. Рисунок из обсуждаемой статьи в Physical Review Letters

Из первой части исследователи извлекли суммарную площадь горизонтов событий двух черных дыр до слияния, которая оказалась приблизительно равна 235 тысячам квадратных километров. Излучение колеблющегося горизонта образовавшейся черной дыры позволило определить его площадь, которая оказалась равна примерно 367 тысячам квадратных километров (для сравнения, площадь территории России составляет около 17 миллионов квадратных километров). Тем самым справедливость теоремы Хокинга подтвердилась на реальных данных. Ученые, естественно, планируют дальнейшие проверки теоремы Хокинга и других законов квантовой механики и термодинамики черных дыр на данных LIGO и его европейского аналога Virgo.

**Источник:** Maximiliano Isi, Will M. Farr, Matthew Giesler, Mark A. Scheel, and Saul A. Teukolsky. Testing the Black-Hole Area Law with GW150914 // Physical Review Letters. 2021. DOI: 10.1103/PhysRevLett.127.011103.

**Андрей Фельдман,**

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/t/5272138/Andrey\\_Feldman](https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5272138/Andrey_Feldman)

## Забытые победы Франца Энке

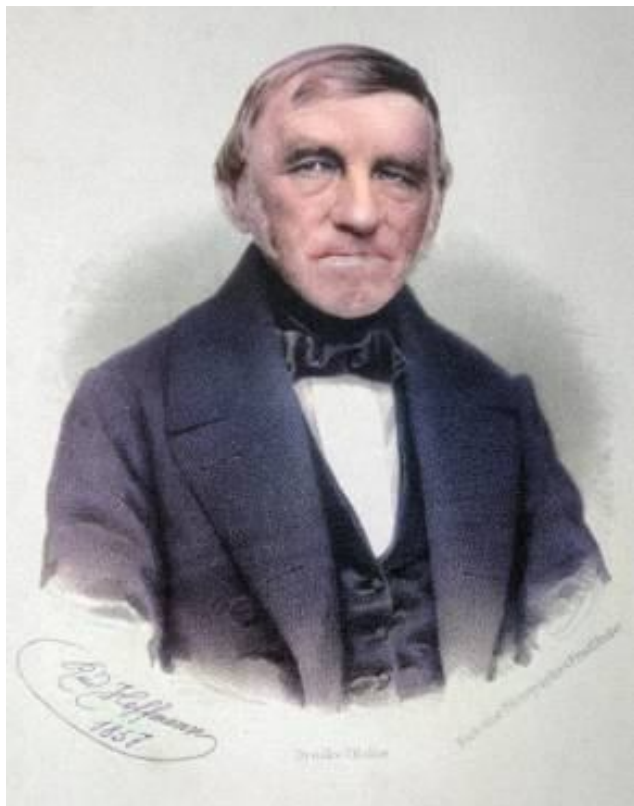


Рис. 1. Иоганн Франц Энке

О том, что Энке это комета знают даже начинающие любители астрономии. Кто-то даже скажет, что человек, чьё имя она носит, не открывал её, а вычислил её орбиту. Он был вторым человеком, после Галлея, чья комета вернулась согласно вычислениям. Но комета это вовсе не единственное, чем Энке вошёл в историю.

Он был соратником и учеником знаменитых людей, многие его ученики сами стали известными. В лабиринтах цифр десятки лет находил он пути планет и хвостатых звёзд. Его книги вели людей по морю и по небу. Удача часто улыбалась ему, а слава перешагнула через океан.

Но теперь осталось только имя. Слабеющая комета и кольца далёкой планеты напоминают его: жил человек и звали его Франц. Иоганн Франц Энке.

### Сын пастора

23 сентября 1791 года от рождества Христова на севере Германии в семье пастора появился на свет малыш. Он был восьмым ребёнком Михаэля Энке и Марии, урождённой Мислер. Отец служил дьяконом в лютеранской церкви св. Якова, мать была дочерью чиновника.

Несколько поколений предков, несмотря на фризское происхождение фамилии, с семнадцатого века проживали в Саксонии. Прапрадед нашего героя, Георг Энке был состоятельным человеком и занимал должность старосты Эберсгринга. Позже под властью его потомков оказалась вся ближайшая округа. Так было до 1813 года, пока старшая линия фермерской династии не пресеклась на бездетном правнуке Георга, Соломоне.

Младший сын Георга, носивший то же имя, был колесником и не занимал постов в управлении. Внук Георга был первым из Энке, кто смог получить хорошее образование. Он учился теологии в Лейпциге, потом в Гамбурге и, наконец, получил место недалеко от Бремена, где у него родился сын Михаэль.

Сын, как и отец, выбрал духовную карьеру. В возрасте тридцати шести лет он перешёл служить в церковь св. Якова в Гамбурге. Там, благодаря своему общительному и открытому характеру обзавёлся множеством друзей, одним из них был богослов Кристиан Людвиг Герлинг, главный пастор той же церкви. Они подружились семьями, их дети всегда играли вместе.

Михаэль был отцом девяти детей. Восемь из них выросли и перешагнули шестидесятилетний порог. Только второй сын – Готтфрид – умер в 1793 году на четвёртом году жизни. Это событие омрачило обычно лёгкую и весёлую атмосферу в доме Энке.

В том же году отец нанял для детей репетитора. Причина была в удручающе низком качестве государственных школ. Репетитором был выбран тридцатилетний выпускник Тюбингена и Штутгарта - Карл Фридрих Хипп. Выбор пал на него, потому что он учил детей уже несколько лет, явно демонстрируя к этому талант. Уроки отличались ясностью, живостью языка изложения. Спектр познаний Хиппа был широк: он давал детям начальные знания языков, естественных наук, а позже даже музыки. Основной же его специальностью была математика. Только уроки Слова Божьего преподавал детям отец-пастор.

В январе 1795 года Михаэля назначали архидьяконом. Это радостное событие имело оборотную сторону: много трудясь на благо церкви, Михаэль меньше времени стал проводить с семьёй.

В марте его сын Франц заболел оспой, его мучили судороги. Мать, ухаживая за ним, заперлась в отдельной комнате. Вся забота по дому перешла к старшей дочери, Доротее, которой тогда было пятнадцать лет. Когда смерть отступилась от младшего сына, все

вздохнули с облегчением. Но ненадолго: у отца семейства случился инсульт.

За обеденным столом ничто не предвещало беды. Михаэль был как всегда бодр и весел. Ушёл немного вздремнуть, по старой привычке, но не вышел из комнаты к назначенному часу. Доротея нашла отца почти парализованным: тот мог лишь шёпотом звать врача. Прописанное доктором кровопускание не помогло: случился ещё один инсульт, и в шесть утра 22 марта душа Михаэля отлетела. Пастору было всего сорок пять лет.



Рис.2. Мария Элизабет Энке (Мисслер)

Это событие обрекло Марию с детьми на бедность. Назначенная от церкви пенсия была скудной для столь многочисленного семейства. Ей помогали, чем могли, родственники. Самой существенной была помощь от мужа сестры. Но вскоре она прекратилась: сестра тоже стала вдовой. В этой ситуации было сложно не опустить руки. Но Мария не сдавалась: она подрабатывала шитьём и изо всех сил старалась сделать детей счастливее. Несмотря на бедный стол, не прекращались общение с соседями и друзьями. К первым воспоминаниям Франца относятся весёлые игры с братом и сестрой Герлинг, детьми главного пастора.

В это тяжёлое время казалось, что придётся отказаться и от услуг репетитора. Но учитель Хипп поступил на удивление благородно – продолжил давать уроки бесплатно. Делая основной упор на математику, он готовил мальчиков для коммерческой карьеры. В крупнейшем торговом городе Германии, где были сосредоточены богатства и власть торговых домов, карьера купца виделась естественным выбором для талантливых молодых людей.

Влияние Хиппа на будущую жизнь Энке было велико, но, безусловно, не шло ни в какое сравнение с влиянием матери. Мария была умной и энергичной женщиной. Она очень любила детей и посвятила себя им, все свои силы. Не исключено, что математические способности дети унаследовали именно от неё.

После смерти главы семейства прошло три года, прежде чем дела начали выправляться. Старший брат Франца – шестнадцатилетний Фридрих – начал работать в торговом доме. Карл Хипп открыл свою небольшую частную школу. В ней сделал первые шаги к науке семилетний мальчик Франц Энке.

Уже тогда проявился живой ум и несколько вспыльчивый характер мальчика. Не будучи хилым и робким, мог начать доказывать свою правду кулаками. По воспоминаниям старшей сестры, мог громко сквернословить, выражая своё недовольство.

Учёба давалась Францу легко. Он быстро выучился читать. Одной из первых прочитанных им книг стала известная «История семилетней войны» Архенгольца. Мальчик мог днями напролёт играть оловянными солдатиками, не ведая своей судьбы. Тем временем, за тысячи километров от Гамбурга, уже шла неигрушечная война, египетская компания Наполеона. Мальчик ещё не знал, сколько зла принесёт его родному городу Бонапарт.

Когда Францу было десять лет, он всерьёз увлёкся арифметикой. Мальчик вошёл вместе с младшим братом Августом в число лучших учеников школы Хиппа. Учитель давал дополнительные уроки греческого и латинского языков, чтобы подготовить к дальнейшему образованию. Возможно, нагрузка была непосильной для мальчика, и в это же время его без видимой причины посещали кошмары.

### Иоханнеум

В четырнадцать лет Франц поступил в престижную гимназию Иоханнеум, основанную почти триста лет назад. Мать очень гордилась достижением сына. Переход на новое место учёбы облегчался ещё и тем, что там получил должность профессора математики Хипп.

История тем временем, вносила свои коррективы в планы и цели людей. Наполеон разбил Третью коалицию, Священная Римская Империя окончила своё девятивековое существование. Через год Пруссия потерпела поражение в битве при Йене. Германия пала к ногам тирана. 19 ноября 1806 года в вольный ганзейский город Гамбург вошли французские войска. Маршал Мортье занял его «именем Императора». Хотя де-юре Гамбург оставался независимым ещё четыре года, фактически это было началом тяжёлой оккупации.

В письмах можно найти воспоминания о досуге семьи Энке в те времена. Они старались собираться каждое воскресенье, подбадривать друг друга, заниматься музыкой. Франц даже пробовал играть на флейте. Друг подшучивал

над его неумелостью, напоминая об этом через много лет. Энке признавал превосходство Герлинга в языках, сам тоже участвуя в чтении древних авторов, хотя и не был в этом силен. Писать на латыни тексты для публичных выступлений ему помогали. Среди таких помощников был даже Гурлитт, директор Иоханнеума, с которым у Энке сложились хорошие отношения.

Герлинг в 1809 году уехал учиться, став студентом в Геттингене. Спустя некоторое время в переписке друзей появляются ответы на математические вопросы, которые задавал Энке: вскоре студент заметил, что его друг-гимназист обладает явным талантом к вычислениям. Поразмыслив, Герлинг посоветовал ему всерьёз заняться математикой. Это был своевременный совет, ведь обучение в гимназии подходило к концу, и перед Францем стоял вопрос выбора профессии.

Душа его была в смятении. Мать, видя успехи в учении, надеялась, что тот сможет получить престижную профессию врача. Учитель Хипп настаивал на математике, так же как лучший друг Герлинг. Юноша колебался, и не мог решить, чего же он хочет. Давний интерес к вычислениям поддерживали лучший друг, брат и учитель. Казалось, сама судьба ведёт в мир чисел. Совесть, с другой стороны, взывала к сыновнему долгу: выучиться на врача, вернуться домой и стать опорой для любимой матери.



Рис. 3. Кристиан Людвиг Герлинг, друг.

К внутренним переживаниям прибавились и внешние невзгоды. В конце 1810 года Гамбург был аннексирован Французской империей и насильно включён в континентальную блокаду.

Для торгового города, чьим основным партнёром была Великобритания, это было равно самоубийству. Купцы, как пишет историк, «на коленях молили Императора не губить город», но тот был неумолим. Предсказуемым итогом такой позиции стал саботаж блокады. Контрабанду конфисковали тоннами, торговцев бросали в тюрьму даже за письма на английском языке, но пресечь вековые связи не удавалось. Даву, прозванный немцами «маршал Ярость» довольно скоро получил за этот провал суровый выговор от Наполеона.

Зима 1810-1811 годов выдалась тяжёлой. К оккупации и тревожным мыслям о будущем прибавилась болезнь матери. Женщину мучили одышка и слабость. Самочувствие становилось хуже с каждым днём, она всё меньше успевала по дому и всё больше проводила время в постели. Несмотря на помощь дочерей, её силы таяли. К весне кашель стал её постоянным спутником. 21 апреля она слегла, стала задыхаться, и через три дня страданий умерла. Ей было пятьдесят шесть лет. Последние слова Марии Энке были обращены своим, уже взрослым, детям. Мать просила их, во что бы то ни стало, держаться вместе и заботиться друг о друге. Дети Марии и Михаэля свято чтит память матери.

Той же весной Франц окончил гимназию, и вопрос выбора жизненного пути встал перед ним во весь рост. Нужно было зарабатывать на жизнь. Не только, для себя, но и чтобы поддерживать семью. В мае двадцатилетний Энке пишет Герлингу: «Как ты думаешь, математик может достойно зарабатывать на жизнь? <...> Математику не грозит голодная смерть, но у него нет ничего, чтобы поддержать других. Будучи врачом, я бы мог делать что-то не только для себя, но и помогать моим близким. Я бы очень этого хотел».

Трудно было пойти против желания матери, хоть той уже и не было на свете. Более того, погружаясь в математику всё глубже, он видел, сколь многое ещё предстоит изучить. Это угнетало.

Учитель Хипп смеялся над этими сомнениями, говорил о способностях, и упорно настаивал на выборе математики. Такое давление отдаляло его ученика. Доверие было в значительной мере подорвано, когда Франц случайно услышал, как раздражённый Хипп кричал: «А где мне ещё взять людей?!» Учитель, что кажется естественным, имел свои планы на ученика: сделать помощником в Иоханнеуме. Ситуация сложилась столь напряжённая, что Энке стал даже лучшего друга Герлинга подозревать в сговоре с ним.

Развивая аргументацию, профессор приводил пример Ольберса. Врач и астроном из Бремена заслужил славу не только открытиями, но и вычислениями. Герлинг в письмах также говорил о применении математики в астрономии.

Наука о звёздах была хорошим примером практического применения мастерства вычислителя. Вселенная после открытий



Ньютона, работ Лагранжа и Лапласа была миром гравитации. Все семь больших и четыре недавно найденные малых планеты, все спутники и кометы, подчинялись уравнениям. Это позволяло вычислять прошлое и будущее мира. Теория предсказания движений активно развивалась. Простой закон тяготения порождал сложное поведение. Ярким примером такой сложности стала задача трёх тел.

### Геттинген

После долгих колебаний, Франц принял решение. 16 октября 1811 он был зачислен в Геттингенский университет, чтобы серьёзно изучать математику и астрономию. История медицины навсегда потеряла врача Энке.

Незадолго до этого он писал: «Моей самой большой ошибкой была нерешительность. Я всегда позволял вести себя к тому, к чему был равнодушен, всегда молча следовал за кем-то». Теперь он принял решение сам. Да, он станет математиком, но вовсе не для того, чтобы жить, как скажет ему учитель Хипп.



Рис. 4. Карл Фридрих Гаусс, 1828 год.

В жизни Франца Энке началась новая глава. В Гёттингене он встретил человека, который станет его учителем и наставником. Его звали Карл Фридрих Гаусс. К тридцати четырём годам он уже имел общеевропейскую славу. Лишь его вклад в астрономию был бы достоин памяти потомков: способ расчёт орбит, применение метода наименьших квадратов к обработке наблюдений, эфемериды первой малой планеты. Талант Гаусса проявлялся в области теории, в занятиях геодезией и наблюдении неба. Его первым правилом была точность и аккуратность, как в вычислениях, так и в измерениях. Гаусс обладал даром от Бога: он соединял в себе гениальный ум и

колоссальную работоспособность.

На лекциях в университете обычно было мало студентов, и прилежностью они, как правило, не отличались. Гораздо приятней было работать с теми, кто по-настоящему проявлял интерес. По сути это была форма индивидуальных занятий. Такой подход позволял лучше донести материал и оценить реальные способности каждого ученика. Гаусс терпеливо возвращался к непонятным моментам и добивался полного понимания. Обладая подавляющим превосходством в интеллекте, он ценил в студентах способность самостоятельно работать и оригинально мыслить.

Энке много у него взял как у педагога. На протяжении всей жизни он пронёс чувства восхищения и благодарности к тому, кого называл «божественным учителем». Мощь интеллекта Гаусса порой оказывала на ученика подавляющее впечатление. Шутка ли, учиться у гения.

Спустя год обучения вышла первая публикация молодого математика: работа об относительном расположении орбит Цереры и Паллады. Она была навеяна идеей Ольберса об астероидах как осколках распавшейся планеты. Пути астероидов в таком случае должны были бы пересекаться в точке, где произошёл предполагаемый распад. В числе последующих работ Энке – вычисление эфемерид Весты и орбит комет 1812 и 1813 годов. Франц под пристальным надзором учителя с успехом овладевал небесной механикой.

К концу первого года учёбы относятся письма Гаусса, в которых Франц характеризуется как «талантливый юноша, умелый и тщательный вычислитель». Учитель выражал надежду, что «умные головы» Герлинга и Энке «дадут реальные результаты».

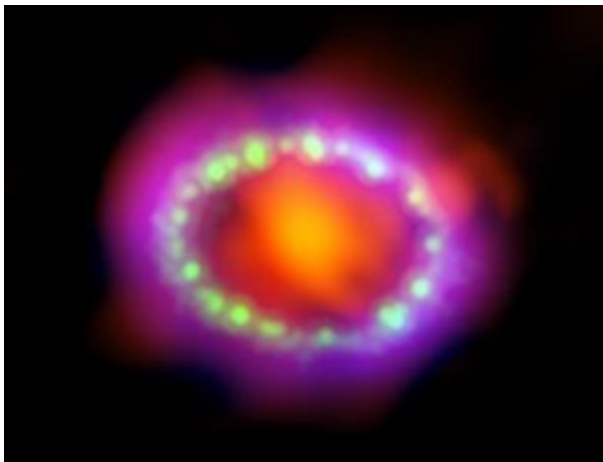
Лучший друг Франца тем временем уехал преподавать в Кассель. В письмах к нему проявляются жалобы на одиночество и меланхолию. Впервые в жизни Франц остался один, без семьи или друзей рядом. Это приводило в тоскливое настроение и замедляло расчёты. Гаусс и слышать про это не хотел, хмурился и ставил новые задачи.

Позже Франц ещё раз столкнулся с жёсткостью профессора. Так, однажды Энке заинтересовался оптикой и попросил учителя разобрать книгу на эту тему. Гаусс наотрез отказался и вместо этого дал очередную задачу из небесной механики. Кто знает, как изменилась бы жизнь молодого человека и история астрономии, займись Энке оптикой.

(Конец первой части)

**Павел Тупицын,**  
Любитель астрономии, г. Иркутск

## История астрономии второго десятилетия 21 века



**2014г** 6 января на сайте Европейской Южной Обсерватории можно прочитать (препринт доступен в архиве Корнельского университета), что астрофизики впервые напрямую рассмотрели возникновение пыли в остатке взорвавшейся звезды. Открытие удалось совершить благодаря наблюдению за сверхновой SN 1987A с помощью недавно построенной обсерватории ALMA.

Сверхновая SN 1987A, ставшая объектом исследования, расположена в Большом Магелановом облаке — спутничной галактике Млечного пути — на расстоянии в 160 тысяч световых лет от Земли. Вспышка от взрыва звезды дошла до нашей планеты в 1987 году, что отражено в названии сверхновой. SN 1987A — ближайший к Земле объект подобного типа из тех, что удалось открыть в последнее время.

Наблюдения ALMA проводились в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах. В этой области спектра можно рассмотреть тела значительно более холодные чем те, что видно в оптическом и инфракрасном диапазонах. Первые инфракрасные наблюдения, проводившиеся около 500 дней после вспышки, показали наличие в остатке SN 1987A только небольшого количества пыли. Однако, новые данные говорят о том, что частиц оксида кремния и углерода в остатке сверхновой значительно больше, чем считалось до сих пор. Кроме того, на изображении видно, что вся обнаруженная пыль имеет локальное происхождение, а не занесена из других частей галактики.

Космическая пыль играет значительную роль в эволюции галактик. Она является одним из «строительных материалов» для звезд, но, в отличие от газа (преимущественно водорода), не может быть топливом для поддержания их свечения. В то же время каменистые планеты почти целиком состоят из космической пыли. Основным источником этого материала во Вселенной астрофизики считают взрывы сверхновых, но до сих пор у ученых не было прямых данных, подтверждающих такой взгляд.

Обсерватория ALMA (Атакамская Большая Миллиметровая/субмиллиметровая Решётка) находится в чилийской пустыне Атакама. Это крупнейшая в мире радиобсерватория, которая состоит из множества радиотелескопов, работающих в режиме интерферометра. Последний, 66-й радиотелескоп, был доставлен на место установки в октябре 2013 года. До этого обсерватория длительное время работала в режиме неполной функциональности, пишет Лента.РУ.

На фото составное изображение сверхновой 1987A. Космическая пыль, снятая ALMA, показана красным. Остальное — изображение в видимом («Хаббл») и рентгеновском («Чандра») диапазонах.



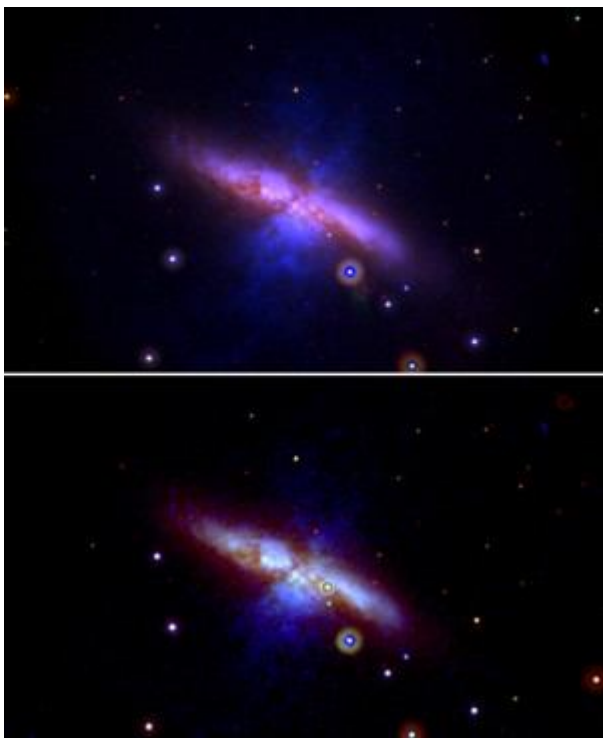
**2014г** 19 января на сайте журнала Nature можно прочитать, что астрофизики из Калифорнийского университета и Университета Гейдельберга обнаружили крупнейшее из известных облако газа, которое может быть фрагментом «космической паутины», соединяющей между собой разные галактики.

Открытие удалось совершить благодаря наблюдению за квазаром UM 287, мощное излучение которого «подсветило» газовое облако и сделало его доступным для наблюдения. Из-за удаленности объекта, исследованная астрофизиками картина представляет собой снимок Вселенной на тот момент, когда ей было только три миллиарда лет.

Длина газового облака составила около полутора миллионов световых лет, что значительно больше, чем все известные скопления межгалактического газа. По словам авторов, размер и строение облака напоминают предсказанные в ходе компьютерных симуляций газовые филаменты «космической сети», которые появились в ранней Вселенной. Эти филаменты были созданы из видимой и темной материи и дали начало первым галактикам. Расчеты

показывают, что газовые филаменты должны были сохраниться и после формирования галактик, образуя крупномасштабную «сеть Вселенной». До сих пор, однако, фрагменты этой сети рассмотреть не удавалось.

Облака межгалактического газа, состоящие в основном из водорода, ученым удавалось заснять и ранее. Такие облака, однако, всегда имели гораздо более позднее происхождение: их вещество было «вытянуто» за счет гравитации из галактик галактиками-соседями. Такой механизм не может объяснить появление подсвеченного UM 287 облака из-за его слишком большого размера и массы.



2014г 21 января была открыта сверхновая SN2014J астрономом Стив Фосси (Steve Fossey, Университетский колледж Лондона) во время работы со студентами на большом телескопе (35 см) в University of London Observatory (к северу от Лондона). Она вспыхнула в галактике M 82 в созвездии Большая Медведица, имеющей собственное имя Сигара. Эта галактика — спутник более крупной M 81, вместе с которой они составляют пару сравнительно близких (к Земле) галактик; расстояние до M82 составляет 12 миллионов световых лет. И как раз из-за небольшого расстояния до нее, SN2014J оказалась одной из ярчайших сверхновых на небе за последние 20-30 лет (одной из самых ярких с 1987 года). Ее даже можно было увидеть в бинокль. На момент открытия сверхновая имела звёздную величину 11,7.

SN2014J — сверхновая предположительно типа Ia, то есть речь идет о взрыве белого карлика, не устоявшего под тяжестью атаковавшего его вещества звезды-соседки. Другой обсуждаемый учеными вариант — слияние двух белых карликов, образующих двойную систему. Вопрос о природе SN Ia еще обсуждается.

Но важно то, что сверхновые такого типа являются так называемыми стандартными свечами, то есть имеют примерно одинаковую светимость, а значит, позволяют измерять расстояния до очень далеких галактик. Вывод об ускоренном расширении Вселенной и существовании темной энергии сделан в большой степени именно благодаря наблюдению сверхновых типа Ia (в основном, при помощи космического телескопа «Хаббл»). Теперь вы знаете, как они выглядят. Любопытно, что SN 2014J, как и другие сверхновые ее типа, пока не излучала радиоволны.

Сверху: изображение галактики M82 10 декабря 2013 года. Снизу: изображение 22 января 2014 года. Отмечено положение сверхновой SN 2014J.



2014г 22 января опубликована в журнале Nature статья Майкла Купперс (Michael Küppers) из Европейского центра космической астрономии в Вильянуэва-де-ла-Каньяде (Испания), в которой говорится об открытии источников водяного пара на еще одном необычном теле — карликовой планете Церера.

Церера — ближайшая к Земле карликовая планета, которая вращается в Главном поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера и является самым крупным объектом этого пояса — диаметром почти 950 км. Открыта 1 января 1801 года итальянским астрономом Джузеппе Пиацци в Палермской астрономической обсерватории. Более двух веков астрономы считали ее астероидом, но 24 августа 2006 года на XXVI Генеральной Ассамблее МАС была отнесена к карликовым планетам. В отличие от большинства относительно легких астероидов пояса, Церера в ходе своей эволюции под действием гравитации «перемешала» свое вещество: тяжелые элементы образовали ядро, легкие — криомантию, которая состоит преимущественно из водяного льда.

До последнего времени Церера считалась в геологическом смысле мертвым телом, не проявляющим вулканизма.

Поискать воду в атмосфере Цереры Купперс с коллегами попытался в 2012 году при помощи инфракрасного спектрометра, установленного на борту космического телескопа Гершель (Herschel, запуск 14.05.2009г, работал до 17 июня 2013 года). Ведя наблюдения на частоте линии воды (556,936 ГГц), астрономы обнаружили в атмосфере Цереры небольшое присутствие водяного пара. Несмотря на

то что, в силу удаленности, получить пространственное распределение пара не представляется возможным, ученые все-таки смогли оценить его распределение по долготам. Зная скорость собственного вращения Цереры, ученые выяснили, что на планете есть как минимум два источника водяного пара, ассоциированные с темными областями поверхности, которые слабо, но подпитывают тонкую атмосферу.

Слабо — это 6 кг в секунду на всю планету, однако и этого количества оказалось достаточно для телескопа Herschel, специально «заточенного» на поиск молекул воды в далеком космосе.

Однако ответить, какой точно механизм заставляет пар покидать поверхность Цереры, астрономы пока не могут. Встает ли эта карликовая планета в один ряд с Землей, Энциладом и Европой (О гейзерах на Европе)?

«Если причина водяной активности действительно кроется в криовулканизме, то да, мы можем так считать. Однако я думаю, что там, в отличие от Земли, бьет не жидкая вода, а водяной пар, рассказал Купперс «Газета.Ru». — Если причина в подповерхностной сублимации льда, то Церера больше напоминает огромную комету с очень низким уровнем активности».

Для наличия криовулканизма необходимо, чтобы внутри планеты был источник тепла. На Ио, спутнике Юпитера, и Энциладе, спутнике Сатурна, источником тепла для вулканической деятельности является приливное воздействие со стороны их планет. С Церерой такое невозможно, однако некоторые модели предполагают, что в ее недрах есть теплый слой, подогреваемый долгоживущими радиоактивными изотопами.

Команда миссии Dawn (запуск 27.08.2007г) по изучению Цереры (6 марта 2015 года Dawn вышел на орбиту вокруг Цереры) в 2016 году обнаружила и прямые свидетельства наличия водного льда в приповерхностном слое — на это указали данные инфракрасных исследований кратера Оксо (Охо).



**2014г 22 января Стивен Уильям Хокинг (Stephen William Hawking; 8.01.1942 - 14.03.2018) — английский физик-теоретик, космолог и астрофизик выложил на arXiv.org препринт своей статьи, в которой предложил объяснение парадокса файервола (firewall), или «стены огня». Из объяснения следует, что черных дыр в классическом понимании этого слова не существует.**

По мнению Хокинга, из-за вызванных квантовыми эффектами возмущений определить точную границу

черной дыры невозможно в принципе. В рассуждениях, он предлагает заменить горизонт событий так называемым «видимым горизонтом событий». Этот горизонт способен задерживать материю и энергию только на время, а не навсегда.

«Отсутствие горизонта событий означает, что не существует и черных дыр. По крайней мере, в смысле регионов пространства, которые свет не в состоянии покинуть», — делает вывод Хокинг.

Физик Дон Пейдж, слова которого приводит Nature News, считает, что в схеме Хокинга со временем видимый горизонт черной дыры может вообще исчезнуть. В результате, все, что в такой дыре было, будет выброшено наружу.

В работе Хокинг также пишет, что излучение дыры будет носить хаотический (в математическом смысле) характер. Это означает, что, несмотря на принципиальное сохранение информации, извлечь ее из излучения не представляется возможным. В работе физик сравнивает задачу извлечения информации с задачей предсказания погоды. Хаотичность в данном случае означает такую зависимость задачи от начальных условий, что малейшая неточность в определении этих условий приводит к принципиально различным решениям задачи. Физик признается, что строгую математическую реализацию его идей еще предстоит найти.

Согласно представлениям теории относительности, если материя достигает некоторой критической плотности, под воздействием собственной гравитации она коллапсирует в черную дыру. Это регион пространства, в котором гравитационные силы настолько велики, что даже свет не может его покинуть. Дыра от остальной Вселенной отделена горизонтом событий - условным барьером, проницаемым только в одну сторону. В случае, если речь идет о сверхмассивной черной дыре достаточно большого радиуса, приливные силы на горизонте событий слабы, и гипотетический наблюдатель может даже не заметить пересечения этой границы.

В классической теории относительности черная дыра не могла ничего излучать (астрономы находят дыры, например, по излучению падающей на них материи). В середине XX века Стивен Хокинг обнаружил, что квантовые эффекты вблизи горизонта событий приводят к тому, что дыра на самом деле излучает. Однако, спектр этого излучения оказался аналогичным спектру излучения абсолютно черного тела. С точки зрения квантовой механики, это означает, что черная дыра теряет информацию о том, что она поглотила. Этот эффект противоречит постулату о сохранении информации (в некотором смысле, далеко идущее обобщение закона сохранения энергии) и получил название информационного парадокса черных дыр.

Развивая идеи Хокинга и пытаясь разрешить парадокс, физик Джо Полчински с коллегами в 2012 году описали эффект так называемой «стены огня». Суть его состоит в том, что, из-за так называемой AdS/CFT-двойственности (о ней в интервью «Ленте.ру» подробно рассказывал Брайан Грин) вместо горизонта событий образуется так называемая «стена огня» — регион с частицами колоссальных энергий. Этот результат, в свою

очередь, оказывается в противоречии с теорией относительности, согласно которой горизонт событий ничем не отличается от остальных регионов пространства с точки зрения физических законов.

PS: Следует заметить, что впервые концепция дыры без горизонта событий, но с так называемым видимым горизонтом была предложена Валерием Фроловым (в настоящее время профессор Альбертского университета) и Григорием Вилковским в конце 1970-х годов, об этом пишет Лента.РУ.



**2014г 24 января опубликована статья ученых в журнале Science (краткое изложение приводит Nature news) что Opportunity (посадка 25.01.2004г) обнаружил на Марсе следы водоемов с низкой кислотностью, которые, гипотетически, могли поддерживать жизнь.**

Открытие ученых под руководством R.E. Arvidson было сделано после анализа глин возрастом 3,7 миллиарда лет, обнаруженных на холме Матиевича. Оказалось, что породы содержат минерал смектит, содержащий много железа и алюминия. Этот минерал формируется на дне водоемов с низкой кислотностью или даже нейтральным pH. Такого рода водоемы, по мнению ученых, могут поддерживать жизнь. Предварительно часть результатов анонсировалась в июне 2013 года.

Ранее в кратере Индевор (холм Матиевича располагается на краю кратера) были обнаружены породы, которые сформировались в водоемах с очень высокой кислотностью. По мнению ученых, это говорит, что кратер затоплялся водой дважды: после первого раза сформировался упомянутый выше смектит, а после второго - «кислотные» породы.

Аналогичные результаты были получены «Кьюриосити» в декабре 2013 года. Новые результаты говорят, что вода с низкой кислотностью, скорее всего, встречалась по всему Марсу - марсоходы сделали открытия в районах, удаленных друг от друга на 8 тысяч километров.

Ровер Opportunity работает на Марсе с 25 января 2004 года. Он прибыл на красную планету вместе с аппаратом-двойником Spirit (Спирит), который с 22 марта 2010 года не функционирует. Изначально планировалось, что роверы проработают 90 дней, проехав по поверхности Красной планеты около километра, но миссия марсоходов затянулась.

**2014г 30 января Лента.РУ пишет, ссылаясь на статью (.pdf) ученых в журнале Nature, что**

**астрономы Европейской южной обсерватории составили первую подробную атмосферную карту коричневого карлика. Объектом исследования выступал карлик WISE J104915.57-531906.1B (также известный как Луман 16B). Он располагается на расстоянии 6 световых лет в созвездии Паруса. Карлик был открыт в марта 2013 года астрономом Кевином Луманом. Луман 16B был открыт в паре с другим коричневым карликом - вместе они считаются ближайшими к Земле объектами в своем классе и сейчас активно изучаются астрономами.**

Для работы ученые использовали спектрограф CRIFES, установленный на телескопе VLT (в Чили комплекс из четырех отдельных 8,2-м и четырех вспомогательных 1,8-м оптических телескопов, объединенных в одну систему). С его помощью ученые анализировали спектр излучения карлика и его яркость. Из-за вращения объекта темные пятна на его поверхности сказываются на яркости, а спектр позволяет уточнить, как именно такие пятна «движутся» - например, удаляются от наблюдателя на Земле или, наоборот, приближаются к нему.



На основе собранных данных была создана карта светлых и темных пятен в атмосфере коричневого карлика. Один из авторов работы Иан Кроссфельд заявил, что в будущем «экзометеорологи смогут, вероятно, даже предсказывать погоду» на Лумане 16B. До недавнего времени наличие у коричневого карлика погоды считалось недоказанной гипотезой.

Коричневые карлики - это небесные тела, занимающие промежуточное положение между планетами и звездами. С одной стороны их масса настолько велика, что в ходе гравитационного коллапса внутри них происходят термоядерные реакции синтеза. С другой стороны, массы карликов оказывается недостаточно для того, чтобы запустить реакцию превращения водорода в гелий, которая питает звезды энергией.

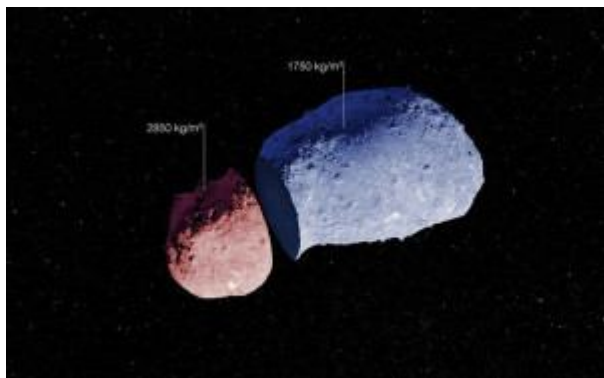
**2014г 31 января в журнале The Astrophysical Journal опубликована работа астрофизиков из Японии, Венгрии, Франции, Великобритании и Германии, в которой говорится что плазма, падающая на поверхность Солнца после корональных выбросов, ведет себя подобно веществу сверхновых, находящемуся в сильном магнитном поле. Предметом исследования физиков стал крупнейший известный**

корональный выброс, который произошел 7 июня 2011 года. Он был зафиксирован при разных длинах волн с помощью Обсерватории солнечной динамики (Solar Dynamics Observatory, SDO, запуск 11.02.2010г) NASA. Дополнительные данные были получены с помощью солнечных спутников STEREO (запуск 26.10.2006г).

На снятом SDO видео можно заметить, что материал звезды начал падать на ее поверхность в виде капель или ветвящихся «пальцев». Это является следствием так называемой неустойчивости Рэлея — Тейлора. Подобная неустойчивость характерна для поведения, например, более плотной жидкости, находящейся на жидкости с меньшей плотностью. Кроме того, такое же поведение астрофизики наблюдали в случае Крабовидной туманности, в которой также можно различить многочисленные ветвящиеся «пальцы».

При этом, поведение вещества Крабовидной туманности существенно отличается тем, что ее вещество двигается в условиях сильного магнитного поля. Это делает «пальцы» существенно толще, чем они были бы без него. По словам авторов, проведенное ими моделирование говорит о том, что это отличие характерно и для солнечной плазмы.

Корональные выбросы существенно отличаются от солнечных вспышек тем, что в них происходит ускорение большого количества вещества, в то время как в ходе солнечных вспышек энергия выделяется в основном в виде возмущения магнитного поля



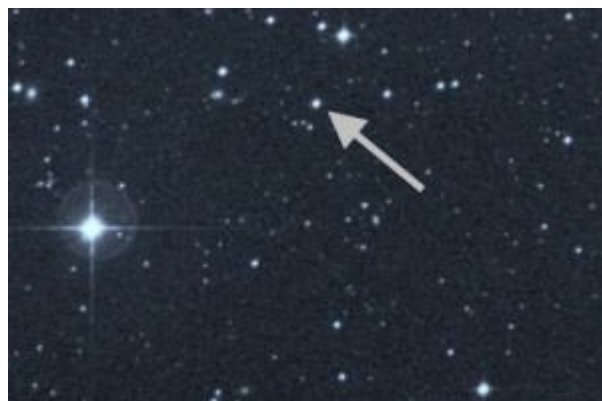
2014г 5 февраля РИА Новости сообщают, что Стивен Лоури из университета Кента (Великобритания) и его коллеги смогли забраться внутрь астероида (25143) Итокава, первого пыль с которого была доставлена 13 июня 2010 года на Землю японским зондом "Хаябуса", наблюдая за проявлениями так называемого эффекта Ярковского и найти признаки крайней неоднородности в структуре его недр и их химическом составе, наблюдая за вращением астероида Итокава при помощи телескопа NTT (New Technology Telescope) в Европейской южной обсерватории Ла-Силья в Чили.

Еще в 1900 году русский инженер Иван Осипович Ярковский (1844-1902) заметил, что нагрев поверхности астероида под лучами Солнца и ее остывание во время "ночи" может работать как своеобразный "двигатель", постепенно сдвигающий его с орбиты.

Сила этого феномена зависит от нескольких свойств астероида, в том числе его отражающей способности и химического состава, что позволяет использовать эффект Ярковского для вычисления массы малых небесных тел и того, как быстро будет меняться их орбита. По замыслу авторов статьи, непрерывные наблюдения за изменениями в силе этого эффекта должны "выдать" различия в химическом составе и физических свойствах минералов в разных точках поверхности Итокавы.

Используя инструменты телескопа NTT - 3,6 метрового первого с активной оптикой, Лоури и его коллеги обнаружили, что скорость вращения астероида постепенно растет — каждый год период его вращения вокруг своей оси сокращается на 0,045 секунды. Это означает, что две половинки "гантели" Итокавы составлены из разных минералов с разными отражающими свойствами, плотностью и химическим составом.

"Нам впервые удалось получить данные о том, как выглядят и что же происходит в недрах астероида. Мы обнаружили, что Итокава является крайне неоднородной по своей структуре, и это открытие является большим шагом вперед в деле изучения законов, управляющих поведением небесных тел в Солнечной системе", — заключает Лоури.



2014г 9 февраля в журнале Nature (препринт) на сайтах ANU и MIT сообщается, что астрономы из Австралийского национального университета и Массачусетского технологического института обнаружили самую старую звезду в созвездии Южной Гидры, предполагаемый возраст которой составляет 13,7 миллиарда лет. При возрасте Вселенной в 13,77 миллиарда лет звезда является наиболее ранней из известных на сегодняшний день.

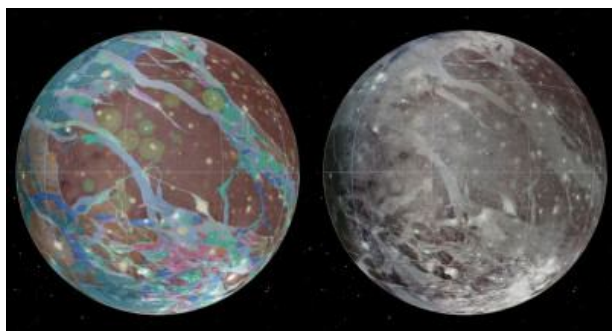
Датировка звезды, получившей название SMSS J031300.36-670839.3, основана на необычно низком содержании в ней железа. Поскольку во время Большого взрыва образовались только легкие элементы (водород, гелий и литий), а остальные появились позже, в недрах первых звезд, то чем меньше в составе звезды железа, тем она в целом древнее. Содержание этого элемента в SMSS J031300.36-670839.3 как минимум в 10 миллионов раз ниже, чем в Солнца, и находится на уровне погрешности метода измерения.

Тем не менее, найденная учеными звезда не является первичной. По словам авторов, она принадлежит ко второму поколению звезд, которые

образовались из материала первых взорвавшихся светил.

Ценность такой находки увеличивается именно тем, что изучая химический состав древних светил, можно «заглянуть» в историю самых первых звезд. Так, низкое содержание железа при высокой концентрации углерода в найденной учеными звезде позволяет предположить, что взрыв первичной звезды, из материала которой образовалась SMSS J031300.36-670839.3, был неожиданно слабым. Взрыв не смог основательно перемешать элементы и, по-видимому, сохранил тяжелое железное ядро первичной звезды.

Звезда SMSS J031300.36-670839.3 побил рекорд древности, установленный звездой HD 140283, открытой в начале 2013 года. Возраст последней составил 13,3 миллиарда лет. Обе звезды расположены относительно близко к Земле: в 186 световых годах HD 140283 и в 6 тысячах световых лет SMSS J031300.36-670839.3.



**2014г** Ученые впервые составили полную геологическую карту Ганимеда, спутника Юпитера, собрав снимки зонда "Галилео" (за 1995-2003 годы) и обоях "Вояджеров" (за 1979 год), говорится в сообщении НАСА.

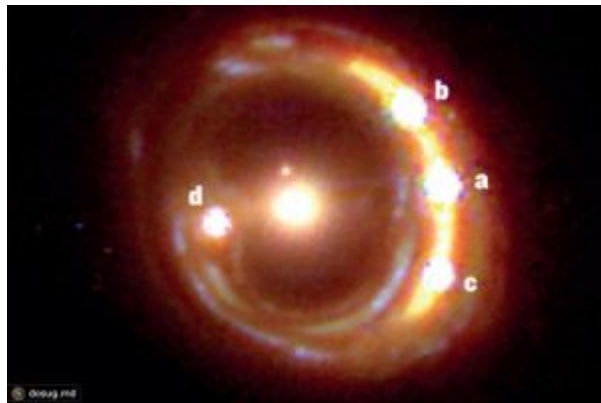
"Эта карта показывает огромное разнообразие геологических деталей Ганимеда и помогает упорядочить кажущийся хаос его сложной поверхности. Эта карта поможет планетологам расшифровать эволюцию этого ледяного спутника и пригодится при отправке зондов к Ганимеду", — пояснил Джеффри Коллинз (Geoffrey Collins) из колледжа Уитон в Массачусетсе (США).

На поверхности Ганимеда отчетливо различаются темные, старые породы, с многочисленными кратерами, и более светлые и поздние области с большим количеством борозд и хребтов. Ученые выделяют три основных геологических периода в истории Ганимеда: в первом поверхность спутника формировали метеоритные удары, затем был период тектонической активности и время ее угасания.

Новая карта Ганимеда, масштаб которой 150 километров на 1 сантиметр, позволила ученым отвергнуть некоторые гипотезы, касающиеся его геологического прошлого. Например, предположение о том, что на Ганимеде могли быть криовулканы, выбрасывавшие на поверхность планеты воду и лед, передает 13 февраля РИА Новости.

Ганимед — один из галилеевых спутников Юпитера, седьмой по расстоянию от него среди всех его спутников и крупнейший спутник в Солнечной системе. Он был открыт Галилео Галилеем 7 января

1610 года с помощью его первого в истории телескопа. Диаметр спутника равен 5268 километрам, что на 2% больше, чем у Титана (второго по величине спутника в Солнечной системе) и на 8% больше, чем у Меркурия. При этом масса Ганимеда составляет всего 45 % массы Меркурия, но среди спутников планет она рекордная. Это единственный спутник в Солнечной системе, обладающий собственной магнитосферой.



**2014г** 5 марта в редакционной статье журнала Nature можно прочитать, что астрофизики под руководством Рубенса Рейса из Мичиганского университета впервые смогли оценить скорость вращения сверхмассивной черной дыры (почти половина скорости света), удаленной от Земли на шесть миллиардов световых лет. Сделать это удалось благодаря необычной гравитационной линзе, которая усилила и «размножила» излучение окружающего дыру вещества.

Объектом исследования стал квазар RXJ1131-1231, расположенный в созвездии Чаши. Квазарами называют мощные источники излучения, которые образуются в результате падения вещества на черную дыру. В ходе этого падения образуется закрученный аккреционный диск а также джеты — потоки вещества и излучения, выбрасываемые перпендикулярно диску. Используя телескоп «Чандра», принадлежащий НАСА, и XMM-Newton, принадлежащий Европейскому космическому агентству, они исследовали рентгеновское излучение из внутренних областей вращающегося диска. Оценив радиус диска, астрономы вычислили угловую скорость чёрной звезды, которая составила почти половину скорости света.

Чтобы установить скорость вращения черной дыры, ученым пришлось вычлнить из всего излучения квазара только отражательную компоненту. В этом отраженном от аккреционного диска излучении есть рентгеновские спектральные линии (железа), по сдвигу которых можно установить степень искажения пространства вблизи горизонта событий. Однако «поймать» эти линии для настолько далеких квазаров до сих не удавалось.

Успех мичиганских физиков объясняется тем, то на пути излучения квазара находится галактика, которая выступила в роли гравитационной линзы. Она усилила излучение RXJ1131-1231 и превратила его в четыре разных источника. Оказалось, что эта древняя (возраст Вселенной всего вдвое больше) черная дыра вращается неожиданно быстро — на

верхней границе теоретически предсказанного значения.

Вращающаяся черная дыра, согласно теории относительности, «закручивает» окружающее пространство, поэтому, зная степень этой «закрученности», можно измерить скорость ее вращения. Эта скорость, в свою очередь, важна для понимания того, как черная дыра образовалась: считается, что высокая скорость говорит о том, что вещество дыра поглощала редко, но большими порциями. Низкая скорость вращения, наоборот, является свидетельством случайного характера «питания» веществом.



**2014г 6 марта опубликовано на сайте космического телескопа Hubble (Хаббл, запуск 24.04.1990г), что астрономы, работающие с данными телескопа, впервые засняли процесс медленного, не связанного со столкновением, распада астероида P/2013 R3.**

Астероид P/2013 R3 был открыт 15 сентября 2013 года в ходе двух космических обзоров: Catalina и Pan-STARRS. Он расположен в астероидном поясе Солнечной системы. Диаметр четырех крупнейших фрагментов астероида достигает 200 метров, их общая масса составляет около 200 тысяч тонн.

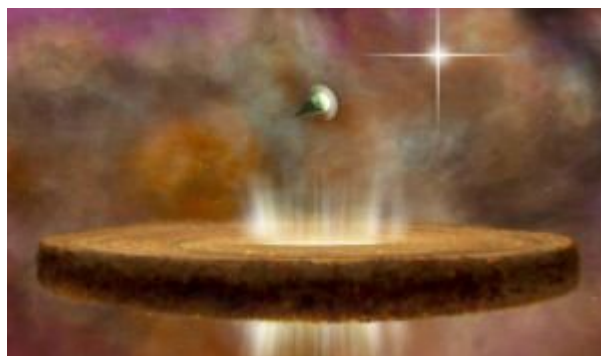
То, что фрагменты P/2013 R3 распадаются, сначала удалось обнаружить с помощью наземного телескопа Keck. Затем наблюдения Hubble позволили получить четкие фотографии этого процесса и определить скорость фрагментов. Она составила около полутора километров в час, что примерно вдвое меньше, чем скорость средняя пешехода.

По словам астрономов, непосредственно наблюдать распад астероида удалось впервые (если не учитывать разрушение при пролете мимо массивных тел). Постепенность процесса и низкая скорость фрагментов говорит о том, что он не связан со столкновением с другими небесными телами. Кроме того, дезинтеграцию нельзя объяснить нагреванием — астероид находился на своей орбите примерно со времени образования Солнечной системы, а распадаться начал только сейчас.

Ученые полагают, что причина распада связана с так называемым эффектом Ярковского-О'Кифа-Радзиевского-Пэддэка. YORP-эффектом называют раскручивание космических тел неправильной формы под действием неравномерного теплового излучения от их разных частей. Со временем скорость вращения астероидов возрастает. Поэтому, при условии рыхлого соединения внутренних частей, в конечном итоге YORP-эффект может привести к распаду космического тела.

Недавно другой группе астрономов удалось использовать YORP-эффект для того, чтобы определить распределение плотности в астероиде Итокава. Данные о составе «астероида-картофелины» были получены исключительно на основе формы тела и динамики его раскручивания.

На снимках астероид P/2013 R3 (слева-направо): 29 октября 2013 года; 15 ноября 2013 года; 13 декабря 2013 года; 14 января 2014 года.



**2014г 10 марта можно прочитать на сайте американской Национальной радиоастрономической обсерватории (препринт доступен в архиве Корнельского университета) что астрономы, работающие с данными телескопа ALMA (Atacama Large Millimeter Array) в Чили, обнаружили, что протозвезды, образующиеся вблизи от гигантских звезд О-типа, не успевают обзавестись собственными планетами: их протопланетарные диски исчезают под действием ультрафиолетового излучения.**

Объектом исследования стал звездный кластер в туманности Ориона (Мессье 42, М 42 или NGC 1976), в области, где расположено скопление Трапедии. В центре скопления находится четыре массивных звезды, самая яркая из которых, Тета 1 Ориона С (θ1 Ori C), является мощным источником ультрафиолетового излучения.

Ученым удалось обнаружить 22 протопланетарных диска новых формирующихся звезд поблизости от существующих звезд Трапедии. Однако анализ пространственного распределения дисков показал, что не все они способны созреть до формирования планет. Внутри области, ограниченной примерно триллионом километров от массивных звезд вроде Тета 1 Ориона С, ультрафиолетовое излучение настолько велико, что просто «сдувает» протопланетный диск до того, как в нем смогут образоваться планеты.

Тета 1 Ориона С является одной из самых ярких известных звезд. Она принадлежит к главной последовательности, а ее масса составляет около 40 масс Солнца. При этом уровень ультрафиолетового излучения звезды и мощность ее звездного ветра в сотни тысяч раз превышает солнечный.

Обсерватория ALMA состоит из 66 телескопов, совместно работающих в режиме интерферометра. Телескопы ALMA работают в диапазоне миллиметрового и субмиллиметрового диапазона. Строительство обсерватории в пустыне Атакама было завершено в марте 2013 года.

**2014г 11 марта можно прочитать на сайте Европейского космического агентства, что европейский аппарат «Венера-Экспресс» (запуск 9.11.2005г с космодрома Байконур, достиг Венеры 11.04.2006г, работал до 18.01.2015г) впервые заснял радугу в атмосфере другой планеты. Работа немецких, российских и американских**



астрономов с описанием так называемой глории опубликована в журнале *Icarus*.

Глория представляет собой вид радуги, который возникает при отражении света на 180 градусов в атмосфере планеты. Она появляется на прямой линии, соединяющей Солнце и наблюдателя. Глорию часто наблюдают пассажиры самолетов и альпинисты в горах.



Ключевым фактором для возникновения этого оптического эффекта является необходимость в том, чтобы капли жидкости в атмосфере были приблизительно одинакового размера. Наблюдение глории в атмосфере Венеры говорит о том, что по крайней мере внутри ее диаметра, это требование соблюдалось. По расчетам авторов, диаметр капель в атмосфере Венеры оставляет около 1,2 микрон.

Спектрометрический анализ радуги показал, что повышенное поглощение в ультрафиолетовой области нельзя объяснить одними только парами воды и серной кислоты, которые довольно давно были обнаружены в составе венерианской атмосферы. По словам ученых, это избыточное поглощение может быть связано с присутствием в каплях хлорида железа или частиц твердой серы.

Космический аппарат «Венера-Экспресс» был запущен Европейским космическим агентством в ноябре 2005 года. Через полгода он достиг окрестностей Венеры и с тех пор продолжает работать. На аппарате установлены ультрафиолетовый и инфракрасный спектрометры, магнитометр, а также прибор для исследования плазмы.



2014г 16 марта РИА Новости передают, что геологические данные и фотографии с межпланетного зонда MESSENGER (запуск 3.08.2004г, работал на орбите планеты с

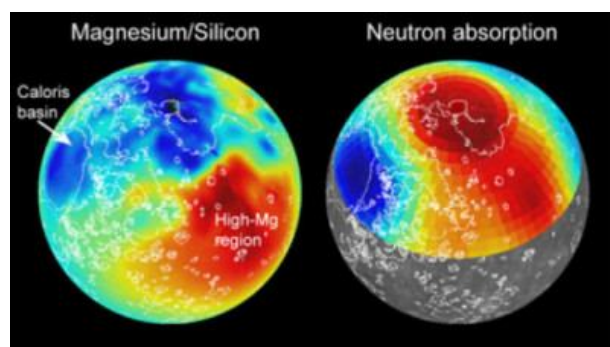
17.03.2011г до 30.04.2015г) помогли планетологам вычислить скорость, с которой "сжимается" Меркурий, и выяснить, что она в 2-8 раз превышает значение, на которое указывали компьютерные модели и предыдущие замеры, говорится в статье в журнале *Nature Geoscience*.

Долгое время среди ученых в конце 19 и в начале 20 века были популярны теории о том, что ядро, недра и кора Земли постепенно теряют свое тепло и сжимаются. Это сжатие считалось причиной землетрясений и вулканизма до открытия тектонических процессов и развития тектоники как самостоятельной научной теории. Несмотря на неприменимость теорий "сжатия" к Земле, подобные процессы действительно происходят или происходили на других телах Солнечной системы — на древней Луне и на современном Меркурии.

Пол Бирн из Института науки Карнеги в Вашингтоне (США) и его коллеги выяснили, что мы очень сильно недооцениваем скорость сжатия Меркурия, проанализировав огромный массив данных и снимков, собранных зондом "Мессенджер" с момента его прибытия на орбиту Меркурия в 2011 году. Во время этой работы ученые использовали полную топографическую карту поверхности Меркурия, которая была получена зондом и представлена миру в марте 2013 года на которой обнаружено значительно больше крутых обрывов, чем было известно раньше. Авторы статьи и интересовали особые структуры — так называемые "дольчатые откосы", предположительно возникающие в результате остывания и сжатия недр планеты.

Проанализировав их форму, расположение и глубину, планетологи пришли к выводу, что радиус Меркурия уменьшился на 5-7 километра, а не 0,8-3 за последние 4 миллиарда лет. Это означает, что Меркурий "сжимается" в 2-8 раз быстрее, чем на то указывали замеры "Маринер-10" и компьютерные модели на основе собранных им данных.

Пока не понятно, за счет чего происходит это ускоренное сжатие, однако ученые надеются, что дальнейшие наблюдения при помощи инструментов "Мессенджера" помогут найти ответ на эту астрогеологическую загадку.



В двух новых научных статьях, опубликованных членами научной команды миссии MESSENGER в начале 2015 года, представлены глобальные карты химического состава поверхности Меркурия, которые демонстрируют ранее не замеченные учеными геохимически однородные территории — крупные области на поверхности планеты,

химический состав которых заметно отличается от химического состава окружающих их регионов.

КА Messenger за время своей работы зонд получил информацию о распределении калия, тория, урана, натрия, хлора и кремния по поверхности Меркурия.

В новой научной работе под названием "Evidence for geochemical terranes on Mercury: Global mapping of major elements with MESSENGER's X-Ray Spectrometer" её авторы во главе с Шошаной Вейдер из Института Карнеги, США, используют инновационные методы исследования, позволяющие создавать глобальные карты отношений содержания магний/кремний и алюминий/кремний, а также других элементов, наблюдающихся на поверхности Меркурия, на основе данных, полученных при помощи инструмента XRS космического аппарата MESSENGER.

Наиболее явно на этих картах выделяется обширная геохимически однородная территория площадью около 5 миллионов квадратных километров. На этой территории наблюдаются повышенные отношения концентраций Mg/Si, S/Si, Ca/Si, а также низкое отношение концентраций Al/Si. Согласно гипотезе, выдвинутой авторами статьи, высокомагнийсодержащий состав этой части поверхности Меркурия объясняется древним падением астероида на поверхность планеты, которое привело к образованию обширного ударного кратера, обнажившего богатое магнием жидкое вещество мантии планеты.

Во второй работе, озаглавленной "Geochemical terranes of Mercury's northern hemisphere as revealed by MESSENGER neutron measurements" в журнале Icarus представлены первые карты уровня поглощения низкоэнергетических (тепловых) нейтронов, наблюдающегося по поверхности Меркурия.

«По этим картам мы можем судить о распределении элементов, активно поглощающих тепловые нейтроны, таких как железо, хлор и натрий», — отмечает главный автор исследования Патрик Пепловски из Лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса, США.

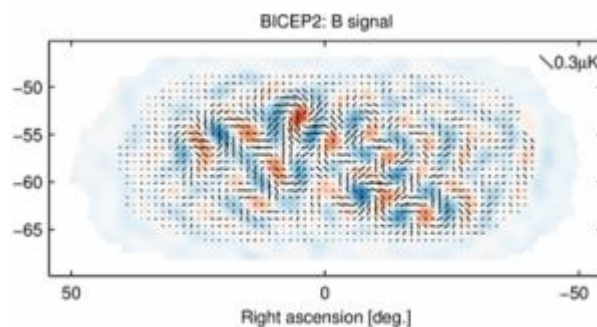
Согласно Пепловски, научные результаты, полученные его командой, свидетельствуют о том, что гладкие равнины, находящиеся на территории равнины Жары — крупнейшей (диаметр 150 км) и наилучшим образом сохранившейся чаши ударного кратера, расположенной на поверхности Меркурия — имеют элементный состав, существенно отличающийся от состава окружающих их равнин вулканического происхождения. Это может указывать на то, что вещество мантии Меркурия, послужившее материалом как для первых, так и для вторых из указанных геологических образований, химически неоднородно.

**2014г 16 марта в журнале Nature написано (результатам открытия выложены на сайте антарктической обсерватории ВІСЕР2), что астрофизики из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики обнаружили характерную картину поляризации реликтового микроволнового излучения, которая является наиболее прямым доказательством существования**

**гравитационных волн и справедливости инфляционной модели Вселенной.**

Ученым удалось обнаружить так называемую В-моду на уровне  $\tau = 0,2$  поляризации реликтового излучения. Под «В-модой» подразумевают характерную картину закручивания поляризации в микроволновом «снимке» Вселенной. Согласно современной космологии, это закручивание возникает из-за распространения в пространстве гравитационных волн, которые возникли из-за экспоненциального расширения Вселенной в первые 10-37 секунды своего существования.

Само реликтовое излучение возникло существенно позже, когда Вселенной было около 380 тысяч лет и она, наконец, стала прозрачна для электромагнитных волн. По расчетам физиков, существование гравитационных волн должно было повлиять на поляризацию этого «позднего» излучения, образовав характерные завихрения с масштабом в единицы угловых градусов. Именно такая картина и была обнаружена астрофизиками с помощью антарктического микроволнового телескопа ВІСЕР2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization 2), и, затем, независимыми поляриметрами Кека (Keck Array).



Важность открытия заключается в том, что оно, во-первых, является наиболее прямым доказательством существования гравитационных волн, предсказанных еще Альбертом Эйнштейном. Во-вторых, оно позволяет заглянуть в первые мгновения существования Вселенной, так как на основе интенсивности В-моды можно рассчитать энергию вещества в те ранние времена. В-третьих, открытие говорит о квантовой природе гравитации, так как данные гравитационные волны имеют, фактически, квантово-механические причины. По словам опрошенных Nature экспертов, работу ученых из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики можно поставить в один ряд с самим обнаружением реликтового излучения, ускоряющегося расширения Вселенной и другими ключевыми для космологии открытиями.

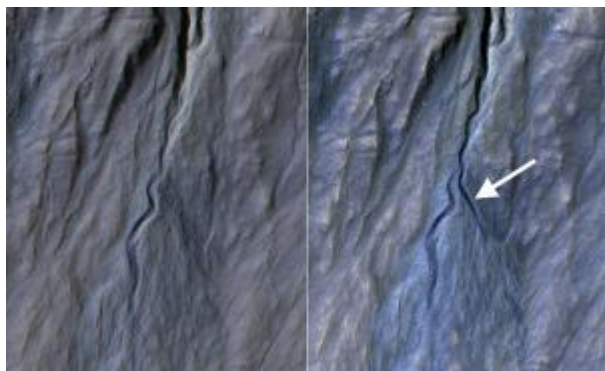
Однако, более поздний анализ (опубликован 19 сентября 2014, пишет Лента.РУ или сайт ЭЛЕМЕНТЫ), проведенный другой группой исследователей с использованием данных обсерватории «Планк», показал, что результат ВІСЕР2 можно полностью отнести на счёт галактической пыли.

В январе 2015 года представители ESA заявили, что, несмотря на появившиеся ранее в прессе

сообщения о возможном обнаружении первичных гравитационных волн, совместный анализ данных, полученных от космического аппарата Planck и наземного телескопа BICEP2, а также данных экспериментов Keck Агау не обнаружил окончательных доказательств существования предсказываемого теорией явления.

Впрочем, отрицательный результат поисков BICEP2 не стал сюрпризом для ученых, работающих в этой научной области. Научная общественность не раз предостерегала, что данные американского телескопа BICEP2, базирующегося на Южном полюсе и построенного специально с целью выявить характерное «закручивание» вектора поляризации реликтового излучения под действием гравитационных волн, необходимо интерпретировать с большой осторожностью.

11 февраля 2016 года было объявлено об экспериментальном открытии гравитационных волн коллаборациями LIGO и VIRGO. Сигнал слияния двух чёрных дыр с амплитудой в максимуме около 10–21 был зарегистрирован 14 сентября 2015 года в 9:51 UTC двумя детекторами LIGO в Хэнфорде и Ливингстоне через 7 миллисекунд друг от друга, в области максимальной амплитуды сигнала (0,2 секунды) комбинированное отношение сигнал-шум составило 24:1. Сигнал был обозначен GW150914.



**2014г Ученые обнаружили на снимках марсианского орбитального аппарата MRO образование нового, ранее не известного оврага в районе Земли сирен. Фотографии и их описание опубликованы 19 марта 2014 года на сайте лаборатории JPL Калифорнийского технологического института.**

Новый овраг располагается во внутренней части одного из кратеров южного марсианского полушария. На снимке, сделанном пятого ноября 2010 года, этого оврага нет. На следующей фотографии той же области, (она была получена 25 мая 2013 года) силуэт нового оврага хорошо виден. Он примыкает к более крупному эрозийному образованию и является его ответвлением. Обе фотографии были получены камерой HiRISE, установленной на борту аппарата MRO.

Точные причины появления оврага в Земле сирен пока не ясны. Скорее всего, он мог возникнуть в результате конденсации в марсианском грунте паров углекислого газа. Примеры подобной эрозии на Марсе довольно хорошо известны. Значительный временной промежуток между снимками не позволяет установить, в какое время марсианского года произошел сход грунта. Однако известно, что

чаще всего такие явления происходят во время марсианской зимы.



**2014г 25 марта сайт Astronews.ru. пишет, что австралийские астрономы объединили результаты наблюдений за всеми сверхновыми, чтобы определить, что сила гравитации остается неизменной в течение последних девяти миллиардов лет. Ранее считалось, что гравитационная константа Ньютона, известная как G, медленно изменяется с момента Большого взрыва.**

Если бы это было так, то, к примеру, расстояние между Землей и Солнцем постепенно бы увеличивалось. Однако исследователи из Технологического Университета Суинберна проанализировали свет, который излучался в результате 580 взрывов сверхновых в близкой и далекой Вселенной. В результате они выяснили, что сила гравитации осталась неизменной.

Сверхновые типа Ia - это результат взрыва белого карлика, масса которого сравнима с массой нашего Солнца, а размер соответствует размерам Земли. Наши телескопы могут обнаружить свет таких взрывов и использовать его яркость как «стандартную свечу», для измерения расстояний во Вселенной.

Ученые предположили, что эти взрывы происходят в тот момент, когда белый карлик достигает критической массы, или как результат столкновения с другими звездами.

Эта критическая масса зависит от гравитационной константы Ньютона и позволяет проследить за ее изменениями в течение миллиардов лет.

Несмотря на то, что временные промежутки были различными, результаты, которые ученые получили, полностью согласовались с открытиями эксперимента Lunar Laser Ranging Experiment, который измерял расстояние между Землей и Луной с 1960 годов, - миссий Apollo, и имел возможность отследить возможные изменения G с высокой точностью.

В работе, опубликованной в издании Publications of the Astronomical Society of Australia, исследователи из Суинберна определили верхнюю границу изменений гравитационной константы Ньютона как 0.00000001% в год за последние девять миллиардов лет.

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

### Total Lunar Eclipse of 2022 May 16

Geocentric Conjunction = 04:20:46.5 UT J.D. = 2459715.68109

Greatest Eclipse = 04:11:23.9 UT J.D. = 2459715.67458

Penumbral Magnitude = 2.3973 P. Radius = 1.2991° Gamma = -0.2533

Umbral Magnitude = 1.4193 U. Radius = 0.7612° Axis = 0.2556°

Saros Series = 131 Member = 34 of 72

#### Sun at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 03h31m49.5s

Dec. = +19°05'13.4"

S.D. = 00°15'49.2"

H.P. = 00°00'08.7"

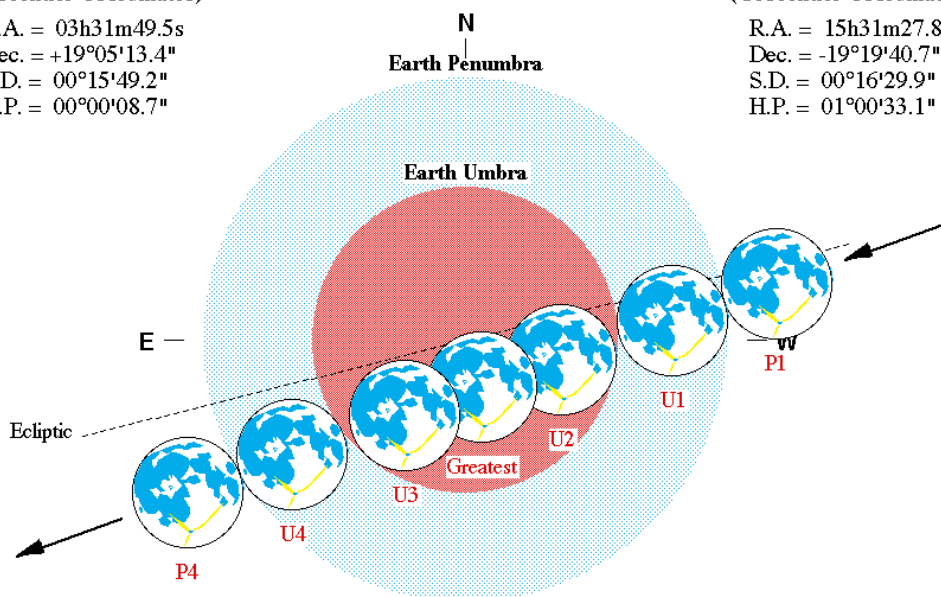
#### Moon at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 15h31m27.8s

Dec. = -19°19'40.7"

S.D. = 00°16'29.9"

H.P. = 01°00'33.1"



#### Eclipse Semi-Durations

Penumbral = 02h40m49s

Umbral = 01h43m58s

Total = 00h42m49s

Eph. = Newcomb/ILE

$\Delta T = 79.2$  s

#### Eclipse Contacts

P1 = 01:30:33 UT

U1 = 02:27:27 UT

U2 = 03:28:35 UT

U3 = 04:54:14 UT

U4 = 05:55:23 UT

P4 = 06:52:12 UT

F. Espenak, NASA's GSFC - 2004 Jul 07

<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>

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

1 мая - Луна ( $\Phi = 0,0$ ) в восходящем узле своей орбиты,

1 мая - Луна ( $\Phi = 0,0$ ) проходит южнее Урана (покрытие не видно из-за близости к Солнцу),

2 мая - Луна ( $\Phi = 0,03+$ ) проходит южнее Плеяд и Меркурия,

4 мая - покрытие Луной ( $\Phi = 0,13+$ ) звезды 125 Тельца (5,2 $m$ ) при видимости на Европейской части страны,

5 мая - максимум действия метеорного потока эта-Аквариды (ZHR = 40) из созвездия Водолея,

5 мая - Уран в соединении с Солнцем,

5 мая - Луна ( $\Phi = 0,19+$ ) в апогее своей орбиты на расстоянии 405287 км от центра Земли,

5 мая - Луна ( $\Phi = 0,2+$ ) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,

7 мая - покрытие Луной ( $\Phi = 0,37+$ ) звезды лямбда Рака (5,9 $m$ ) при видимости на Европейской части страны,

8 мая - Луна ( $\Phi = 0,41+$ ) проходит севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44),

9 мая - Луна в фазе первой четверти,

9 мая - Луна ( $\Phi = 0,59+$ ) проходит севернее Регула,

10 мая - Меркурий в стоянии с переходом к попятному движению,

14 мая - Луна ( $\Phi = 0,93+$ ) проходит севернее Стики,

14 мая - покрытие Луной ( $\Phi = 0,98+$ ) звезды лямбда Девы (4,5m) при видимости на Европейской части страны,  
 15 мая - Луна ( $\Phi = 1,0$ ) в нисходящем узле своей орбиты,  
 16 мая - полнолуние,  
 16 мая - полное лунное затмение (в нашей стране не видно),  
 16 мая - покрытие полной Луной звезды дельта Скорпиона (2,3m) при видимости на востоке страны,  
 17 мая - Луна ( $\Phi = 0,99-$ ) проходит севернее Антареса,  
 17 мая - Луна ( $\Phi = 0,97-$ ) в перигее своей орбиты на расстоянии 360299 км от центра Земли,  
 18 мая - Марс проходит в полградуса южнее Нептуна,  
 19 мая - Луна ( $\Phi = 0,88-$ ) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,  
 21 мая - Меркурий в нижнем соединении с Солнцем,  
 22 мая - Луна ( $\Phi = 0,57-$ ) проходит южнее Сатурна,  
 22 мая - Луна в фазе последней четверти,  
 24 мая - Луна ( $\Phi = 0,28-$ ) близ Нептуна, Марса и Юпитера,  
 27 мая - Луна ( $\Phi = 0,1-$ ) проходит южнее Венеры (покрытие, видимое в акватории Индийского и Тихого океанов и Индонезии),  
 28 мая - Луна ( $\Phi = 0,03-$ ) проходит южнее Урана (второе за месяц покрытие Урана Луной при видимости в Южной Америке и Африке),  
 29 мая - Марс проходит в полградуса южнее Юпитера,  
 29 мая - Луна ( $\Phi = 0,01-$ ) проходит между Меркурием и Плеядами,  
 30 мая - новолуние.

**Солнце** движется по созвездию Овна до 14 мая, а затем переходит в созвездие Тельца и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила постепенно увеличивается, а продолжительность дня быстро растет от 15 часов 23 минут в начале месяца до 17 часов 09 минут в конце мая. С 22 мая в вечерние астрономические сумерки сливаются с утренними (до 22 июля). Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца за май месяц возрастет с 49 до 56 градусов. Чем выше к северу, тем продолжительность ночи короче. На широте Мурманска, например, темное небо можно будет наблюдать лишь в конце лета. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить в телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно обязательно (!) проводить с применением солнечного фильтра** (рекомендации по

наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

**Луна начнет движение** по майскому небу в фазе новолуния в созвездии Овна. Здесь Луна в этот день пройдет южнее Урана при фазе 0,0+ (полоса покрытия пройдет по Австралии и акватории Индийского и Тихого океанов). В созвездие Тельца тонкий лунный серп вступит 1 мая, а на следующий день пройдет южнее Плеяд и Меркурия при фазе около 0,03+. 3 мая лунный серп пройдет севернее Альдебарана при фазе 0,06+, а 5 мая достигнет созвездия Близнецов ( $\Phi = 0,15+$ ). 7 мая Луна ( $\Phi = 0,34+$ ) перейдет в созвездие Рака, где на следующий день пройдет севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44) уже при фазе 0,41+. В созвездие Льва ночное светило вступит 8 мая почти при фазе первой четверти. Здесь лунный полудиск пройдет севернее Регула при фазе 0,59+. Затем ночное светило устремится к созвездию Девы, в которое войдет при фазе 0,76+ 11 мая. Двигаясь по созвездию Девы Луна пройдет севернее Спики при фазе 0,93+ 13 мая. 14 мая лунный диск ( $\Phi = 0,98+$ ) перейдет в созвездие Весов и пробудет здесь до 16 мая, когда примет фазу полнолуния. В это полнолуние произойдет полное лунное затмение, которое крайне неблагоприятно для наблюдений с территории нашей страны. Только в самых западных районах можно будет наблюдать полутеневые фазы затмения. 16 мая яркий лунный диск перейдет в созвездие Скорпиона, а 17 мая - в созвездие Змееносца, наблюдаясь всю ночь севернее Антареса. Здесь ночное светило пробудет до 18 мая, когда достигнет созвездия Стрельца при фазе 0,98-. В этом созвездии Луна будет находиться до 20 мая, когда вступит в созвездие Козерога при фазе около 0,75-. Здесь Луна 22 мая пройдет южнее Сатурна, уменьшив фазу до 0,57-. В этот же день ночное светило перейдет в созвездие Водолея при фазе 0,55-. Здесь лунный полудиск примет фазу последней четверти 22 мая и пройдет южнее Нептуна при фазе 0,33- 24 мая. В этот же день лунный серп ( $\Phi = 0,3-$ ) перейдет в созвездие Рыб, где пройдет южнее Марса и Юпитера при фазе около 0,28-. Посетив 25 мая созвездие Кита, Луна 26 мая еще раз перейдет в созвездие Рыб, где на следующий день при фазе около 0,1- пройдет южнее Венеры (покрытие, видимое в акватории Индийского и Тихого океанов и Индонезии). 27 мая стареющий серп Луны ( $\Phi = 0,08-$ ) пересечет границу созвездия Овна, где 28 мая пройдет южнее Урана при фазе 0,03-. В этот день произойдет второе за месяц покрытие Урана Луной при видимости в Южной Америке и Африке. Перейдя в созвездие Тельца 29 мая, тонкий лунный серп ( $\Phi = 0,01-$ ) пройдет в этот день между Меркурием и Плеядами, а 30 мая примет здесь фазу новолуния. В созвездии Тельца Луна закончит свой путь по майскому небу при фазе 0,02+.

**Большие планеты Солнечной системы.** **Меркурий** весь месяц перемещается по созвездию Тельца близ Плеяд. Планета первые две декады находится на вечернем небе, но после нижнего соединения с Солнцем 21 мая переходит на утреннее небо. Постепенно уменьшая угловое расстояние от дневного светила, Меркурий 10 мая достигает

стояния и переходит к попятному движению. В период вечерней видимости планету легко найти на фоне зари, хотя блеск ее уменьшается. В начале мая он составляет немногим слабее 0m, но уже к концу первой декады месяца уменьшается до 2m. Ко времени соединения с Солнцем блеск уменьшится до 6m, а затем начнет возрастать и к концу месяца увеличится до 3m. Видимый диаметр Меркурия увеличивается к соединению от 8 секунд до 12 секунд дуги, придерживаясь этого значения почти до конца мая. Фаза Меркурия в начале месяца составляет менее 0,4, а к соединению уменьшается до 0, возрастая затем до 0,07. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид серпа.

**Венера** движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб, в конце месяца переходя в созвездие Овна. 27 мая произойдет покрытие Венеры Луной при видимости в акватории Индийского и Тихого океанов и Индонезии. Планета наблюдается на утреннем небе, уменьшая угловое удаление от Солнца от 42,5 до 37 градусов. Видимый диаметр Венеры уменьшается 17" до 14". Фаза Венеры увеличивается от 0,68 до 0,77 при блеске около -4m. В телескоп наблюдается яркий овал без деталей.

**Марс** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Водолея, 19 мая переходя в созвездие Рыб. Планета имеет утреннюю видимость, которая постепенно улучшается. Блеск Марса увеличивается от +1m до +0,7m, а видимый диаметр загадочной планеты увеличивается от 5,7 до 6,4 секунд дуги. В телескоп наблюдается крохотный диск с самыми крупными деталями поверхности.

**Юпитер** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб. Газовый гигант находится на утреннем небе. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы увеличивается за месяц от 35" до 37" при блеске около -2m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности Юпитера видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты, а также различные конфигурации спутников.

**Сатурн** перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Козерога. Окольцованную планету можно найти на утреннем небе. Блеск планеты составляет +0,8m при видимом диаметре около 17". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимый наклон колец Сатурна составляет 12 градусов.

**Уран** (6m, 3,5") перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Овна близ слабой звезды омикрон Овна (5,7m). 1 и 28 мая Уран покрывается Луной. Планета находится на вечернем небе до 5 мая, когда вступит в соединение с Солнцем и перейдет на утреннее небо. В мае Уран не виден, а в период видимости (с июня месяца) может быть

найден при помощи бинокля на сумеречном небе. Разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно наблюдать в периоды новолуний (лучше около противостояния) на темном чистом небе. Блеск спутников Урана слабее 13m.

**Нептун** (8m, 2,4") имеет прямое движение, перемещаясь по созвездию Водолея (с 1 мая - по созвездию Рыб) левее звезды фи Aqr (4,2m) и близ Юпитера. Планета находится на утреннем небе, но ее видимость в средних широтах нашей страны далека от благоприятной. Тем не менее, в южных широтах страны Нептун можно будет найти в бинокль с использованием звездных карт [Астрономического календаря на 2022 год](#). Диск планеты различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

**Из комет месяца**, наиболее удобных для наблюдений с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: PANSTARRS (C/2017 K2) и PANSTARRS (C/2021 O3). Первая при максимальном расчетном блеске около 8m движется по созвездиям Орла и Змееносца. Вторая перемещается по созвездиям Тельца, Персея, Жирафа и Дракона при максимальном расчетном блеске около 6m. Подробные сведения о других кометах месяца имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

**Среди астероидов** месяца самой яркой будет Веста в созвездиях Козерога и Водолея при максимальном блеске 7,2m. Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

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

**Среди основных метеорных потоков** 5 мая максимума действия достигнут эта-Аквариды (ZHR=40) из созвездия Водолея. Луна в период максимума этого потока имеет фазу, близкую к новолунию, поэтому условия наблюдений потока будут благоприятны. Подробнее на <http://www.imo.net>.

*Другие сведения об астроявлениях в АК\_2022 -* <http://www.astronet.ru/db/msg/1769488>

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

**Оперативные сведения о небесных телах и явлениях** всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты их видимых путей по небесной сфере имеются в **Календаре наблюдателя № 05 на 2022 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 2022 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1769488>

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



<http://астрономия.рф/>

# 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

**Спиральная галактика NGC 2841**



**Небосвод 05 - 2022**