

ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



**ТУМАННОСТЬ
РОЗЕТКА**

11`25
ноябрь

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



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



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



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

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

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

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

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

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

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)

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

Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)

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

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

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

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

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

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

http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip

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



<http://astronet.ru>



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



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



<http://www.vokrugsveta.ru>



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

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

<http://www.astrogalaxy.ru>

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

<http://astronomam.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 ноября можно совершать увлекательные путешествия по звездному небу. «Ноябрьской ночью, в редкие ясные часы в южной части небосклона доминирует Эридан - созвездие-река. Извилисто катит он свои воды от правой ноги Ориона почти через весь небосвод, скрываясь под горизонтом в его южной части. Словно повторяя изгибы реки небесной, отражается на поверхности земли наш Воронеж - темная лента на заиндевевших просторах изъеденной оврагами равнины. Ноябрьская ночь наполнена порывами свежего, почти зимнего, ветра, так легко срывающего с тебя покровы тепла. Полчаса наблюдений, и ты продрог, словно бездомный пес. Да, конечно, весьма неудобно натягивать на себя еще один свитер и каждые полчаса греться чаем в домике, но именно ясными и редкими ноябрьскими ночами ощущаешь как стираются грани между нашим земным миром и небесной твердью, когда буквально одним глазом тебе виден грустный русский пейзаж, затянутый робкой пеленой снега с перемигивающимися вдалеке оранжевыми огоньками, а другим - далекая, в десятках миллионах световых лет, галактика, очень похожая на ту, в которой довелось жить нам самим. Один взгляд на линию горизонта, и ветер в новом своем порыве доносит обрывки собачьего лая, один взгляд в окуляр, в пространство, ограниченное линией поля зрения - и тут же проступает почти призрачное округлое сияние, возраст которому 65 миллионов лет. И где-то я, затерянный словно песчинка между величием далекой галактики и убогостью близлежащей русской деревеньки, вмерзшей в ноябрьский пейзаж. Подумать только, миллионы лет назад, когда ее свет только отправился в долгое путешествие к моему глазу, на Земле еще царствовали динозавры, а одни из первых млекопитающих робко ютились в пещерах. Где-то в бездне космоса по направлению к нашей планетке неся метеорит, которому было суждено в корне изменить судьбу как динозавров, так и млекопитающих.» Полностью статью можно прочитать в журнале «Небосвод» за ноябрь 2008 года. Не смотря на давность публикации, она актуальна и сейчас.

Ясного неба и успешных наблюдений!

Содержание

4 Небесный курьер (новости астрономии)

Условия на экзопланете K2-18b

не очень подходят для жизни

Иван Лаврёнов

9 Туманность Розетка

Андрей Климковский

11 История астрономии 21 века

Анатолий Максименко

22 Небо над нами: НОЯБРЬ - 2025

Обложка: Ложные солнца над Абиско

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

Кажется, что на этом зимнем пейзаже над горизонтом нависли три солнца. Снимок был сделан 3 февраля во время экспедиции на снегоходах в горную область в Национальном парке Абиско на севере Швеции на планете Земля. Два ярких пятна слева и справа от Солнца – паргелии, или ложные солнца. Паргелии возникают, когда шестигранные кристаллы льда, сформировавшиеся в туманной атмосфере, отражают и преломляют солнечный свет. Яркие ложные солнца можно часто увидеть зимой на высоких широтах, они находятся на том же круге с радиусом в 22 градуса, где наблюдается ледяное гало вокруг Солнца.

Авторы и права: Фелипе Менцелла

Перевод: Д.Ю. Цветков

Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года любителями астрономии

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

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

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

Сверстано в 2025 году

© Небосвод, 2025

Условия на экзопланете K2-18b не очень подходят для жизни

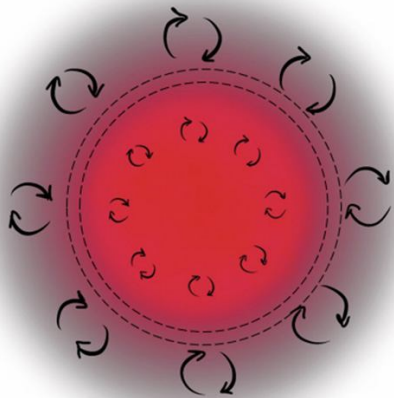


Рис. 1. Схематичное изображение подавления конвекции в пограничном слое, разделяющем атмосферу и мантию мининептуна. Рисунок из статьи S. Markham et al., 2022. Convective inhibition with an ocean. I. Supercritical cores on sub-Neptunes/super-Earths

Недавно в атмосфере экзопланеты K2-18b были обнаружены признаки наличия диметилсульфида — соединения, которое на Земле образуется только в результате деятельности живых организмов. Эта новость взбудоражила астрономическое сообщество. Но насколько уверенно можно заявлять об обитаемости K2-18b? Оказывается, все не так просто. Моделирование внутреннего строения и атмосферы K2-18b и других водородно-водных планет позволило установить серьезные ограничения на условия, пригодные для жизни. В частности, жидкая вода на таких планетах может существовать лишь при значительно меньшей освещенности со стороны родительской звезды по сравнению с классическими землеподобными планетами. Это значит, что зона обитаемости в случае K2-18b располагается на большем расстоянии от звезды, чем было принято считать раньше. Водно-водородные планеты

Водородно-водные миры (hycean planets, от слов «hydrogen» и «ocean») — это планеты, по определению, обладающие водяным океаном и водородно-гелиевой атмосферой. Теоретически, атмосфера такой планеты может быть не слишком протяженной, ее размер может совпадать с земным, а океан — соседствовать с сушей. Однако чаще всего по размеру и плотности такие планеты занимают промежуточное положение между Землей и Нептуном — самой крупной скалистой планетой и самым компактным ледяным гигантом Солнечной системы, соответственно. От суперземель их отличает существенная доля воды и других льдов в составе, а от непутовых и мининепутовых — наличие четкой границы между атмосферой и водой. Льды — то есть любые летучие соединения, такие как вода или метан, в любом агрегатном состоянии, кроме газа, — образуют мантию толщиной сотни и тысячи километров. Если плотность планеты меньше, чем у

скалистого тела такой же массы, но больше, чем у ледяного, в ее атмосфере преобладает водород, и она не слишком разогрета — вполне возможно, перед нами водородно-водный мир. Атмосфера при этом не должна быть слишком массивной — в противном случае жидкий океан не сможет существовать при любой освещенности (то есть энергии, поступающей от звезды) планеты, включая нулевую.

Чем массивнее атмосфера, тем выше, при прочих равных, температура в приповерхностном слое. У массивных атмосфер она определяется, в первую очередь, адиабатическим разогревом, и только во вторую — парниковым эффектом. Профиль температуры задается условиями на фотосфере — уровне, откуда тепловое излучение может беспрепятственно уходить в космос (обычно 0,1–0,5 бар). Температура на ней определяется балансом между разогревом светом звезды и внутренним теплом и охлаждением за счет испускания теплового излучения. Погружаясь вглубь от фотосферы, газ сжимается и подвергается адиабатическому разогреву. Наоборот, газ из глубин, поднимаясь, расширяется и охлаждается. В отсутствие конденсации зависимость температуры от давления следует сухой адиабате (в земной атмосфере 9,8°C/км). Если в восходящих потоках возможна конденсация водяного пара или другого летучего компонента, теплота конденсации компенсирует адиабатическое охлаждение, и профиль температуры соответствует более пологой влажной адиабате (3–9°C/км, в зависимости от содержания влаги).

Уравнение адиабаты имеет вид

$$T_2 = T_1 \times \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}},$$

где γ — адиабатический коэффициент (1,4 для водорода, 5/3 для гелия), поэтому температура на глубине пропорциональна температуре фотосферы. Если при давлении 1 бар температура составляет 60 К (как на Уране), то на уровне 1 кбар она достигнет 510 К, а если при 1 бар температура равна 250 К (как на K2-18b) — то при 1 кбар будет целых 2100 К (при $\gamma = 1,45$ и условии следования идеальной адиабате; в реальности возможны отклонения в обе стороны). Несмотря на слабый солнечный разогрев и почти полное отсутствие внутреннего тепла, на нижней границе атмосферы Урана, при давлении около ста килобар, температура составляет около двух тысяч градусов.

Водородно-водные миры представляют определенный интерес: там, где вода — там может быть и жизнь. При этом, большой радиус таких планет и протяженность их водородных атмосфер делают их намного более удобными целями для изучения методом транзитной спектроскопии, чем аналоги Земли (подробно о транзитной спектроскопии говорилось в новости Анализ спектров показал, что атмосферы двух планет в системе L 98-59 богаты серосодержащими газами, «Элементы», 16.04.2025).

Планету K2-18b открыли транзитным методом во время дополнительной наблюдательной программы телескопа «Кеплер» в 2015 году (B. Montet et al., 2015. Stellar and Planetary Properties of K2 Campaign 1 Candidates and Validation of 18 Systems, Including a

Planet Receiving Earth-like Insolation). Ее радиус оказался равным $2,6 \pm 0,1$ земного, что слишком много для суперземель. Масса планеты была определена методом лучевых скоростей по результатам наблюдений 2015–2017 годов и составила $8,6 \pm 1,3$ земной — это соответствует плотности $2,7 \text{ г/см}^3$. В составе K2-18b должны быть не только льды, но и протяженная атмосфера из водорода и гелия. Однако она находится в классической зоне обитаемости — освещенность на K2-18b почти в точности совпадает с земной, а ее орбита круговая.

Центральная звезда системы K2-18 — близкий красный карлик радиусом 0,36 солнечного и массой 0,41 масс Солнца, удаленный от нас на 110 световых лет. Таким образом, на данный момент K2-18b — одна из наиболее интересных целей транзитной спектроскопии, и о ее атмосфере можно получить достаточно подробные сведения, используя существующие обсерватории.

Недавно в спектрах атмосферы K2-18b нашли признаки полос поглощения диметилсульфида — соединения, которое на Земле образуется только за счет биологических процессов (N. Madhusudhan et al., 2025. New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI). Достоверность этой находки пока не слишком высока, но все же она вызывает вопрос — могли ли мы обнаружить признаки жизни на планете, столь же похожей на Землю?

K2-18b — планета-океан или мининептун?

Для начала, следует разобраться во внутреннем строении K2-18b. Ее радиус слишком велик для тела такой же массы, состоящего из чистой воды (синяя линия на рис. 2). Избыток в 0,2 радиуса Земли ($\sim 1300 \text{ км}$) должен приходиться на атмосферу, которая может быть только водородно-гелиевой. Транзитная спектроскопия подтверждает это предположение, и указывает на примеси водяного пара, углекислого газа и метана в концентрации порядка 1% каждый.

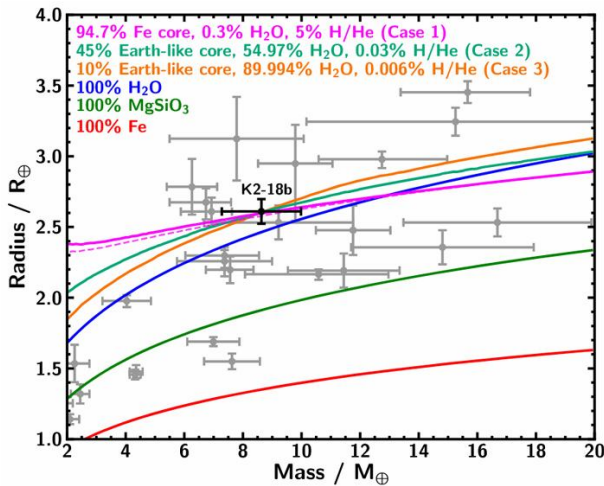


Рис. 2. K2-18b и другие известные планеты на диаграмме «масса — радиус». Наклонные линии отображают зависимости радиусов планет от их масс при фиксированных составах, указанных в верхней части диаграммы. Рисунок из статьи N. Madhusudhan et al., 2020. The interior and atmosphere of the habitable-zone exoplanet K2-18b

Зная только массу и радиус планеты, невозможно сказать, что скрывается под водородной оболочкой — скалы, льды, или их смесь. Если недра планеты

плотные — атмосфера должна быть очень протяженной, чтобы довести наблюдаемый радиус «до метки» (см. расстояния до других линий на рис. 2). Чем больше в недрах льдов и чем меньше их плотность — тем меньшая доля радиуса планеты остается на атмосферу, и тем ниже давление и температура в ее основании.

Результаты моделирования внутреннего строения K2-18b и параметров ее атмосферы при различных составах ее недр были опубликованы еще в 2020 году (N. Madhusudhan et al., 2020. The interior and atmosphere of the habitable-zone exoplanet K2-18b). Они представлены в таблице. Сравнительно мягкие условия в основании атмосферы получаются только в предельном случае — если планета состоит из почти чистого льда. В реальности «стандартным» соотношением льдов и скал является 1:1 с небольшими отклонениями от этой цифры — например, как у Каллисто, Плутона и других небольших тел, образовавшихся во внешней части протопланетного диска. Некоторые спутники Сатурна состоят почти из чистого льда, но они — продукты столкновений, собравшиеся воедино осколки ледяных мантий исходных тел. Чем больше планета, тем менее вероятно, что она образуется таким образом.

Таблица. Характеристики атмосферы K2-18b в зависимости от ее состава (в предположении, что альbedo среднее, а в атмосфере отсутствуют суперadiaбатические слои)

Массовая доля компонентов в составе планеты, %			Давление, бар	Температура, К
Mg + FeSiO ₃ (скалы)	H ₂ O (льды)	H ₂ +He (атмосфера)		
0	100	10^{-4}	$\sim 0,2$	~ 300
10	90	0,006	130	560
45	54,97	0,03	700	1500
94,7	0,3	5	10^6	4000

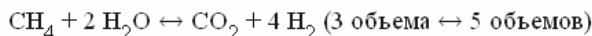
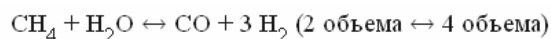
При наиболее вероятном содержании льдов атмосферное давление на K2-18b составит от 300 до 700 атмосфер, а температура — от 800 до 1500 К (оценка давления получена интерполяцией зависимостей на рис. 2). И то, и другое — заведомо выше критической точки воды.

А может, все-таки океан?

Разобраться во внутреннем строении планеты помогает транзитная спектроскопия, поскольку с ее помощью можно определить состав атмосферы. Например, отсутствие в атмосфере аммиака может означать наличие водяного океана, ведь аммиак растворяется в воде (R. Hu et al., 2021. Unveiling shrouded oceans on temperate sub-Neptunes via transit signatures of solubility equilibria vs. gas thermochemistry). В атмосфере K2-18b аммиак не обнаружен, зато имеется углекислый газ, из чего ученые делают вывод, что, вероятно, океан все же есть (N. Madhusudhan et al., 2023. Carbon-bearing Molecules in a Possible Hyccean Atmosphere).

Здесь нужно напомнить о том, как водород атмосферы взаимодействует с другими ее составляющими. Суть этих реакций одна и та же для всех основных компонентов — ее можно проиллюстрировать на примере соединений

углерода. Запишем их так, чтобы компоненты в правой части занимали больший объем, чем в левой:



В соответствие с принципом Ле Шателье равновесие реакции смещается так, чтобы компенсировать влияние внешних условий. Давление сдвигает равновесие влево, а температура — вправо. Определяющим фактором здесь является давление, которое возрастает во много миллионов раз при движении от верхней границы атмосферы к нижней. В глубине атмосферы водород реагирует с оксидами и образует воду, метан, аммиак и другие гидриды, объем которых меньше объема исходных соединений. Температура там тоже высока, и реакции беспрепятственно протекают до достижения равновесия.

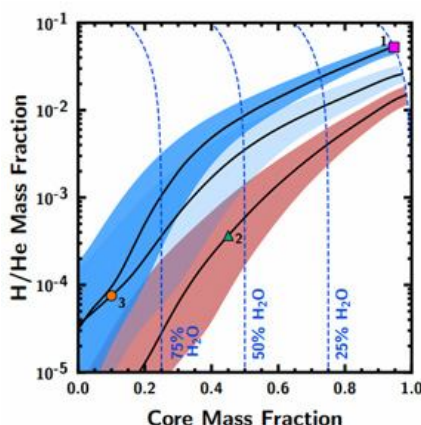


Рис. 3. Слева: зависимость удельной массы водородной оболочки от доли льдов в составе K2-18b. Синий и красный диапазоны соответствуют геотермальному потоку 22 и 350 мВт/м² (эквивалентная температура $T_{\text{int}} = 25$ и 50 K; у Земли — 90 мВт/м² и 35 K). Справа: профили «температура — давление» в атмосфере K2-18b, наложенные на фазовую диаграмму воды. Точками 1, 2 и 3 отмечены модели, соответствующие трем последним строкам в таблице выше. Рисунки из статьи N. Madhusudhan et al., 2020. The interior and atmosphere of the habitable-zone exoplanet K2-18b

В верхних слоях атмосферы фактор давления обращается в противоположную сторону. Аммиак разлагается на водород и азот; вода и метан образуют угарный газ, а еще выше становится возможным образование углекислого газа. С разрежением и охлаждением скорость реакций падает. Поднимающийся в верхние слои атмосферы газ отражает в своем составе условия на уровне закалки (quench level), где реакции совсем прекращаются. Еще выше газ встречается с ионизирующим излучением звезды, которое поглощается молекулами и разбивает их на активные «осколки», возобновляя реакции. При этом из-за большого разрежения фотохимические реакции не доходят до равновесия, что приводит к сосуществованию в верхней атмосфере окисленных и восстановленных форм. Видеть в транзитном спектре мининептуна одновременно CH_4 и CO_2 , или H_2S и SO_2 — обычное дело.

Распутать эту картину непросто. Отсутствие аммиака может отражать его растворение в океане, а может — высокую температуру на уровне закалки.

Оксиды образуются в верхней атмосфере, а гидриды — в недрах, но не в океане; отсутствие гидридов и обогащение оксидами может означать его наличие. Но оно же может означать и большую примесь гидридов в самом океане, и наличие барьера между глубокой и верхней атмосферой, о котором речь пойдет ниже. Выйти на новый уровень определенности помогут только наблюдения и расчеты на приборах и в моделях следующего поколения.

Авторы многих исследований включают в свои модели «водородно-скальные планеты» — миры, образовавшиеся как суперземли, но успевшие захватить из протопланетной туманности массивную водородную оболочку. Такие модели весьма спорны. Давление на дне такой оболочки достигает сотен килобар, а температура — из-за комбинации тепла аккреции и адиабатического сжатия — многих тысяч градусов. Скалы и металлы плавятся, испаряются и растворяются, но главное — даже не это. Водород

при таких условиях —

сильнейший

восстановитель.

Он реагирует со

всеми

компонентами

скал, кроме самых

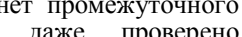
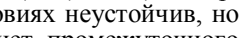
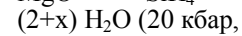
устойчивых

оксидов, и

превращает их в

металлы и

гидриды:



Силан в обычных условиях неустойчив, но его образование в недрах планет промежуточного типа было рассчитано и даже проверено экспериментально. Скально-водородные миры очень быстро превращаются в мининептуны: маленькое ядро из металлов и некоторых оксидов, мантия из льдов высокого давления, водородная оболочка над ней (W. Misener et al., 2023. Atmospheres as windows into sub-Neptune interiors: coupled chemistry and structure of hydrogen-silane-water envelopes).

Водородную «крышку» на сверхкритическом океане закрывает исследование, вышедшее совсем недавно (S. Jordan et al., 2025. Planetary albedo is limited by the above-cloud atmosphere: Implications for sub-Neptune climate). Условия, указанные в таблице выше, можно «двигать» в ту или иную сторону, варьируя отражательную способность планеты. Повышая и альbedo планеты, и долю льдов в ее составе почти до их физических пределов, можно все-таки получить не очень горячий океан. Но выразительный транзитный спектр K2-18b не совместим с высоким альbedo. В самом деле, глубокие полосы поглощения в нем означают, что значительная часть света просто поглощается, не доходя до отражающих облаков. Авторы подсчитали, что наиболее вероятное альbedo планеты равно 0,2–0,3. При давлении 1 бар лавинный парниковый эффект наступает, если альbedo ниже 0,6, а при 10 бар — ниже 0,92.

По всем признакам K2-18b — плохой кандидат в обитаемые миры. Но не K2-18b единой: разнообразных планет переходного типа открыто гораздо больше, чем «земель». Каков все же их климат, и при каких условиях они могут быть обитаемыми?

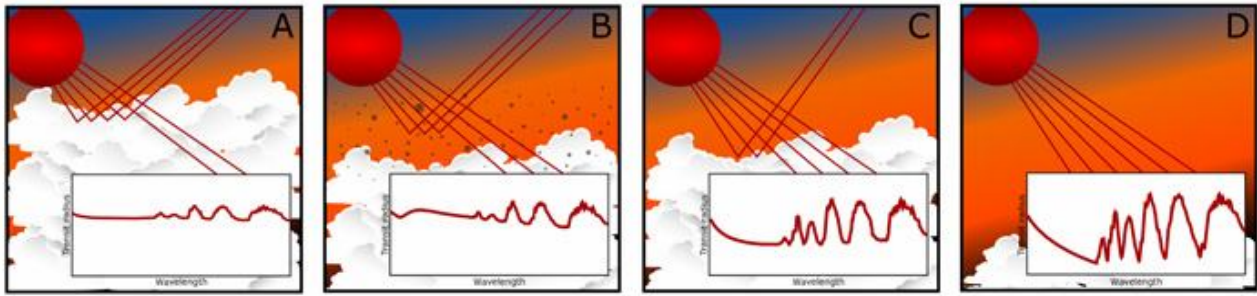


Рис. 4. Иллюстрация влияния глубины облаков и наличия надоблачных аэрозолей на выраженность транзитного спектра. Рисунок из статьи S. Jordan et al., 2025. *Planetary albedo is limited by the above-cloud atmosphere: Implications for sub-Neptune climate*

Погода под слоем водорода

Водород при высоком давлении — парниковый газ: при земной освещенности даже чистой водородной атмосферы с давлением в десятки земных атмосфер может хватить, чтобы разогреть поверхность выше критической точки воды, 374°C (точное значение давления зависит от используемой модели; H. Innes et al., 2023. *The Runaway Greenhouse Effect on Hyecean Worlds*). Однако водородные атмосферы имеют еще одно кардинальное отличие от атмосфер из тяжелых газов. Водяной пар легче азота и поэтому на Земле влажный прогретый воздух беспрепятственно поднимается вверх, где высвобождает тепловую энергию в космос. В земной атмосфере конвекционные процессы — летние ливни и грозы, а также тропические ураганы, — вносят большой вклад в охлаждение поверхности. В водородной атмосфере все обстоит иначе: водяной пар намного плотнее водорода. Нагреваясь светом звезды, «воздух» над океаном насыщается влагой, и рост плотности перевешивает тепловое расширение. Влажный нагретый воздух остается у поверхности и прогревается гораздо сильнее, чем на Земле.

Доля водяного пара в насыщенном воздухе над океаном экспоненциально возрастает с температурой, а плотность сухого воздуха обратно пропорциональна ей. При низких температурах первый фактор не перевешивает второй. Концентрация насыщенного пара мала и растет медленно — подавления конвекции не происходит. Пороговая концентрация равна

$$q_{nh} = \frac{1}{\mu_{H_2O} - \mu_{H_2}} \times \frac{RT}{L}, \text{ где}$$

T , μ , L и R — температура, молекулярная масса, теплота испарения, и газовая константа. При умеренных условиях она составляет всего несколько процентов (меньше, чем во влажном воздухе на Земле). Подробно о подавлении конвекции в водородных атмосферах можно почитать, например, в статье J. Leconte et al., 2016. *Condensation-inhibited convection in hydrogen-rich atmospheres: Stability against double-diffusive processes and thermal profiles for Jupiter, Saturn, Uranus, and Neptune*.

Благодаря подавлению конвекции, тропосфера водородно-водных миров оказывается разделенной на два слоя, а у газовых гигантов и непунов — на три. В верхнем слое содержание водяного пара низкое. Там возможна обычная влажная конвекция, сопровождающаяся ливнями, а температурный профиль следует пологой влажной адиабате, в точности как на Земле. В переходном слое температура, содержание пара и плотность стремительно растут. Градиент температуры может

многократно превышать градиент сухой адиабаты. На газовых гигантах содержание пара растет, пока не сравняется со средним значением в составе планеты. Ниже этого уровня конденсация делается невозможной, и начинается третий слой — горячая сухая тропосфера, в которой содержание пара постоянно, температура растет с глубиной по профилю сухой адиабаты (то есть быстрее, чем на Земле), и возможна только сухая конвекция. На водородно-водных мирах граница переходного слоя совпадает с поверхностью океана или слоя из чистого пара, переходящего в океан или сверхкритический флюид.

При сильном разогреве и отсутствии конденсации можно ожидать полного смешения атмосферы с водяным паром. Однако при давлениях выше десятков килобар водород и вода могут снова расслаиваться, даже при довольно высоких температурах (T. Guillot, 2021. *Uranus and Neptune are key to understand planets with hydrogen atmospheres*). Богатый водой флюид уходит в глубину, а внешняя оболочка обогащается водородом. Тропосферное расслоение при этом идентично газовым гигантам, и это может объяснять, почему атмосферы умеренно горячих непунов все-таки состоят в основном из водорода.

В переходном слое подавлена не только конвекция, но и всякое вертикальное движение воздуха. Нисходящие холодные потоки, упираясь в пограничный слой, растекаются по нему, встретив более плотную среду. Восходящий поток, достигая границы переходного слоя снизу, испытывает конденсацию, приводящую к выделению тепла и снижению плотности. Но это снижение все равно оказывается меньшим, чем убывание плотности с высотой в окружающей среде, и подъем останавливается. Дождь, выпадающий из верхнего слоя, проходит пограничный слой насквозь и испаряется в нижнем слое, понижая локальную температуру воздуха и повышая его плотность. В нижнем слое образуется нисходящий поток, зеркально отражающий восходящий конвективный поток в верхнем. Эти нисходящие потоки запускают сухую конвекцию в нижнем слое, и на их место приходит воздух из глубин, нагретый звездным светом или внутренним теплом планеты.

Климат K2-18b

В прошлом году вышла статья, в которой была построена первая трехмерная климатическая модель водородной атмосферы с примесью водяного пара в применении к K2-18b (J. Leconte et al., 2024. *A 3D picture of moist-convection inhibition in hydrogen-rich atmospheres: Implications for K2-18 b*). Оказалось, что переходный слой занимает уровни давления от 0,2 до 0,3 бар. На Земле эти давления эквивалентны высотам полета авиалайнеров и вершине Эвереста. На верхней границе переходного слоя температура чуть выше земного эквивалента — 10°C, но на нижней границе, всего через пару десятков километров, она повышается до +70°C. В нижнем слое температура,

следуя сухой адиабате, растет гораздо быстрее, чем на Земле, и на уровне давления 1 бар она достигает +210°C. Даже в «предельной» модели внутреннего строения K2-18b океан оказывается очень горячим. При давлении 10 бар, лишь чуть менее маловероятном, он уже становится сверхкритическим.

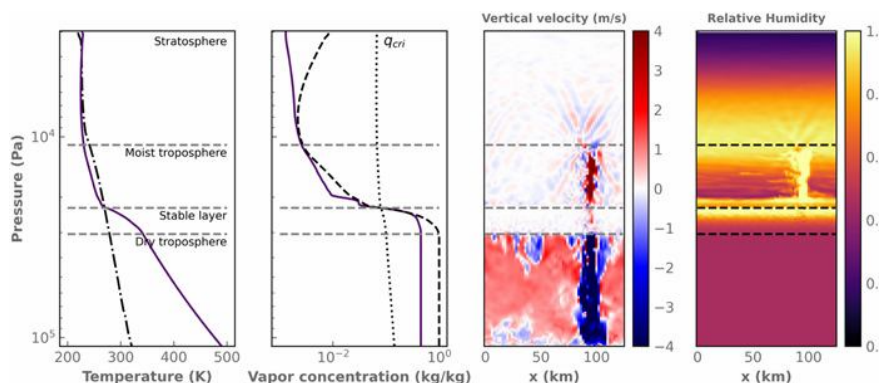


Рис. 5. Модель атмосферы K2-18b. Слева направо: зависимость температуры от давления ($10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ бар}$; пунктир — стандартная влажная адиабата в отсутствие подавления конвекции), концентрация водяного пара, вертикальная скорость воздушных потоков и относительная влажность. В правой части продемонстрирован конвективный шторм в верхней атмосфере и зеркальный нисходящий поток в нижней. Рисунок из статьи J. Leconte et al., 2024. A 3D picture of moist-convection inhibition in hydrogen-rich atmospheres: Implications for K2-18 b

Если теплоперенос через пограничный слой недостаточен, разогрев приводит к высвобождению части влаги из пограничного слоя в верхнюю тропосферу. Запускающаяся при этом влажная конвекция усиливает теплоперенос и ослабляет контраст температуры, что возвращает стабильность. Например, на Сатурне солнечному свету и внутреннему теплу требуется больше десяти лет, чтобы достаточно прогреть глубокую тропосферу. Когда это происходит, начинается грандиозный грозовой шторм, видимый с Земли даже в любительские телескопы — Большое белое пятно.

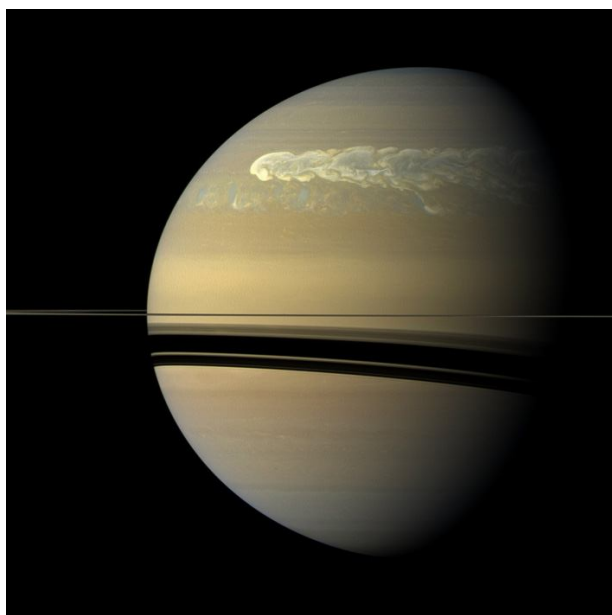


Рис. 6. Большое белое пятно на Сатурне. Фото с сайта en.wikipedia.org

Могут ли водородно-водные миры быть обитаемыми? С точки зрения температур и давлений — конечно! Но их обитаемая зона гораздо шире, и находится гораздо дальше от звезды, чем у «земель». По расчетам авторов статьи Н. Innes et al., 2023. The Runaway Greenhouse Effect on Hyecean Worlds, при давлении 1 бар ее внутренний край находится на эквиваленте орбиты Марса, а при 10 бар — внешнего пояса астероидов (0,4 и 0,07 земных освещенностей). При давлении десятков — сотен бар внешний край зоны обитаемости отсутствует: внутреннее тепло способно поддерживать океан жидким сколь угодно далеко от центральной звезды — и даже если ее вообще нет (см. планета-сирота).
Закключение

Одно из главных условий существования жизни — устойчивая неравновесность среды обитания. В такой среде должны присутствовать и поддерживаться градиенты условий или концентраций питательных веществ. И на K2-18b такая среда существует — это именно пограничный слой между верхней и нижней тропосферой. Он очень устойчив, и при этом обладает огромными градиентами температуры и концентрации водяного пара, — а значит, и примесей, сосуществующих с водой. На K2-18b может происходить даже круговорот этих примесей. Восстановленные соединения углерода, кислорода, азота и серы поднимаются снизу в пограничный слой и встречаются там с окисленными продуктами фотоллиза, принесенными дождями из верхней тропосферы. Продукты фотоллиза и химических реакций уносятся вглубь нисходящими потоками, восстанавливаются там водородом до исходных простых соединений, и цикл замыкается. С микроэлементами сложнее, поскольку металлы гораздо менее склонны образовывать летучие соединения, а путь от скального ядра до тропосферы на мининептунах очень долгий. Тем не менее, сверху их может поставлять метеорная пыль, а снизу, возможно, карбонилы и другие менее распространенные соединения.

Могут ли облака пограничного слоя K2-18b и других теплых мининептунов быть обитаемыми? Это предположение звучит не более фантастично, чем гипотеза о жизни в облаках Венеры!

Источники:

- 1) Nikku Madhusudhan, Savvas Constantinou, Måns Holmberg, Subhajit Sarkar, Anjali A. A. Piette, Julianne I. Moses. New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI // электронный препринт arXiv:2504.12267 [astro-ph.EP].
- 2) Sean Jordan, Oliver Shorttle, Sascha P. Quanz. Planetary albedo is limited by the above-cloud atmosphere: Implications for sub-Neptune climate // электронный препринт arXiv:2504.12030 [astro-ph.EP].

Иван Лаврёнов,

https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5271905/Ivan_Lavryonov

Туманность Розетка



Ссылка на оригинальное изображение:
<https://x.com/erfmufn/status/1895306327146275004>

Большое, но не слишком богатое заметными для человеческого глаза звёздами созвездие Единорога может гордиться, что в его пределах оказалось это удивительное сокровище — Туманность Розетка. Нужно сказать, что Единорог относительно недавно поселился на звёздной карте. Поскольку ярких звёзд в этой области нет, то астрономы дотелескопической эпохи сходились во мнении, что никакого созвездия здесь тоже быть не должно. Откуда бы ему взяться — совсем без ярких звёзд — какое же это созвездие? Из нескольких звёзд 4-й звёздной величины никакую фигуру не построишь.

Поэтому внутри так называемого Зимнего Треугольника, образованного звёздами Бетельгейзе, Сириус и Прокцион (между созвездиями Ориона, Большого пса и Малого пса) на старинных звёздных картах не было ничего. И только с изобретением телескопа стало очевидно, что и в этой части неба тоже есть какие-то объекты, и это место надо как-то назвать. Название придумал Ян Гевелий — создатель одного из самых красивых звёздных атласов. Только в начале 18-го века астрономы как-то свыклись с тем, что в ансамбле зимних созвездий завёлся мифический зверь, похожий на лошадь, но с острым рогом, торчащим оттуда, где у иных сказочников расположен третий глаз.

Именно по этому практически беззвёздному созвездию проходит самая широкая и яркая часть зимнего Млечного пути. Там, где проходит Млечный путь, обязательно найдется немало интересного — рассеянные звездные скопления (их в Единороге множество), двойные и кратные звезды, переменные, и конечно же туманности. Но туманности становятся видимыми лишь тогда, когда их подсвечивают яркие и очень горячие звезды — с высокой интенсивностью ультрафиолетовой составляющей в спектре. Туманность Розетка стала видима благодаря звёздам молодого и очень горячего рассеянного звездного скопления NGC 2244, оказавшегося внутри протяженного и довольно плотного водородного облака (судя по всему из этого облака и родились звёзды этого скопления, известного также как "Satellite Cluster" — "Скопление Спутник", около 5 млн. лет назад).

Скопление содержит несколько звёзд-гигантов класса О массой 50-60 масс Солнца и светимостью в пол миллиона раз превосходящей светимость Солнца (даже вообразить такую мощь вряд ли возможно). Эти светила вместе создают столь мощный звёздный ветер, что облака водорода не только ионизируются и начинают светиться, но и стремительно разбегаются прочь от звёзд скопления, разогреваясь при этом до 6 млн. градусов Кельвина.

Этим и объясняется концентрическая форма туманности Розетка. В чем-то она даже напоминает планетарную туманность, и динамика её в какой-то мере тому же соответствует — это расширяющаяся во все стороны туманность. Вот только размеры её никак не сравнятся с размерами планетарных туманностей. И природа принципиально иная. Планетарные туманности — сброшенные верхние слои погибших звёзд, а Розетка — это туманность рождающая звёзды. Звёздообразование особенно активно идет там, где ударная волна убегающих прочь от скопления газов наталкивается на покоящиеся облака водорода.

Там возникают неоднородности и уплотнения, которые далее сжимаются уже сами по себе — под действием сил гравитации, и скоро (по космическим меркам) зажигаются новорожденные звёзды. Но само по себе облако водорода пределами видимой части туманности Розетка не ограничивается. Мы видим лишь разогретую голубыми гигантами часть гораздо большего водородного облака, протянувшегося вдоль всего этого рукава Млечного пути.

Эта — проявленная в видимом свете — часть Туманности Розетка расположена в 5 тысячах световых лет от нас. Её поперечник близок к 150 световым годам, но плотные облака водорода простираются гораздо шире от центральной части туманности во все стороны.

Вещество, обнаружившее себя на красочных астрофотоснимках имеет массу около 10 тысяч масс Солнца. Примерно столько звёзд она может родить для нашей Галактики.

При всей своей красоте и фотогеничности Туманность Розетка крайне сложный объект для визуальных наблюдений. Астрономы открывали Розетку по частям. И разные её фрагменты носят разные номера в Новом Общем Каталоге: NGC 2237, NGC 2238, NGC 2239... Вот так, чтобы кто-то увидел в телескоп то, что видно на множестве чарующих фотоснимков, в том числе и любительских, кажется такого еще не было. И дело вот в чем — интегральная звёздная величина Туманности Розетка составляет лишь 9^m — это совсем не много. Но размазана она по площади в 1,5 x 1 градус — 6 дисков Луны — это огромная территория на небе, и не факт, что это вообще поместится в поле зрения хорошего телескопа.

Астрономы и любители астрономии фотографируют Розетку накапливая её излучение многими часами и даже сутками, используя при этом разные узкополосные фильтры, чтобы выхватить излучение порожденное теми или иными химическими элементами. Поскольку более всего в этой туманности водорода, то естественный цвет Розетки — красный. Но если использовать фильтр пропускания соответствующий излучению кислорода (этот химический элемент тоже присутствует здесь, хоть и в меньшей концентрации), то Розетка предстанет перед нами в бирюзовых тонах.

Астрофотоснимок

<https://x.com/erfmuft/status/1895306327146275004> , на основе которого создана видеоиллюстрация <https://astroreview.blogspot.com/2025/04/RosetteNebula.html> к этому рассказу, сделал австралийский любитель астрономии Dylan O'Donnell <https://x.com/erfmuft> , используя комбинацию фильтров выделяющих излучение водорода, кислорода и серы.

Музыкальное сопровождение

Альбом «Пояс астероидов»: <https://neane.ru/rus/4/katalog/1414.htm>

Андрей Климковский,

<https://klimkovsky.ru/>
<https://astronomy.ru/forum/index.php/topic,222517.0.html>

История астрономии второго десятилетия 21 века



2018г 1 января 2018 года опубликована в журнале Nature статья, что группа астрономов из США, Германии и Испании выяснила, что сверхмассивные черные дыры регулируют образование звезд, которое происходит в больших галактиках.

Молодые галактики формируют новые звезды с огромной скоростью, однако с течением времени звездообразование в галактиках прекращается. В новом исследовании показано, что масса сверхмассивной черной дыры (СМЧД), лежащей в центре галактики, определяет, насколько быстро произойдет «затухание» звездообразования в галактике.

В центре каждой массивной галактики лежит сверхмассивная черная дыра. Падение материи на эту черную дыру вызывает ее разогрев и свечение и приводит к формированию так называемого активного ядра галактики. Считается, что энергия, возвращаемая в галактику ее активным ядром, приводит к прекращению процессов звездообразования, поскольку эта энергия идет на нагрев и рассеяние газа, который в отсутствие активного ядра конденсировался бы в звезды по мере охлаждения.

Это представление возникло еще несколько десятилетий назад, однако до сих пор оно не получило подтверждения наблюдениями. В новом исследовании группа ученых, возглавляемая Игнасио Мартином-Наварро (Ignacio Martín-Navarro) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе (США) впервые подтвердила наблюдениями, что центральная СМЧД оказывает влияние на историю формирования звезд в галактике.

В своей работе Мартин-Наварро и его коллеги рассмотрели галактики с центральными СМЧД известных масс и подробно исследовали историю формирования звезд в этих галактиках, анализируя спектры излучения галактик, полученные при помощи обзора неба телескопом Хобби-Эберли (Hobby-Eberly Telescope Massive Galaxy Survey).

«В галактиках одинаковой массы, но с разной массой их центральных черных дыр, процесс

формирования звезд заканчивался раньше там, где черные дыры были массивнее, и наоборот. Это значит, что появление звезд в галактиках с меньшей массой центральных черных дыр протекало дольше», – рассказал Игнасио Мартин-Наварро, кандидат физико-математических наук, сотрудник Калифорнийского университета в Санта-Крузе.

Дальнейшее сопоставление масс центральных СМЧД галактик с историями формирования звезд в этих галактиках обнаружило устойчивую корреляционную связь между массой СМЧД и продолжительностью звездообразования в галактике до «затухания». Связь сохранялась, несмотря на то, что изученные галактики различались между собой по форме, размеру и другим свойствам. С другими параметрами активного ядра галактики, такими как его светимость, устойчивой корреляции отмечено не было.



2018г 5 января 2018 года в журнале Science опубликовано исследование, проведенное командой астрономов из Оксфордского университета (Великобритания) спектроскопические измерения на Очень Большом Телескопе гигантской области звездообразования 30 Золотой Рыбы в Большом Магеллановом Облаке.

Международная команда астрономов обнаружила «удивительный» избыток массивных звезд в процессе изучения гигантской звездообразовательной области 30 Золотой Рыбы.

Главный автор нового исследования Фабиан Шнейдер (Fabian Schneider) из Оксфордского университета (Великобритания) сказал: «Мы были в полном изумлении, когда поняли, что в области 30 Золотой Рыбы формируется намного больше массивных звезд, чем мы ожидали увидеть»

«Звезд с массами более 30 солнечных мы нашли примерно на 30%, а с массами более 60 солнечных примерно на 70% больше, чем ожидали. Наши результаты ставят под сомнение ранее предсказанный предел в 150 солнечных масс для новорожденной звезды и позволяют предположить,

что они могут иметь массы до 300 солнечных!» – заключил Фабиан Шнейдер.

В рамках обзора неба VLT-FLAMES Tarantula Survey (VFTS) команда Шнейдера наблюдала при помощи телескопа Very Large Telescope Европейской южной обсерватории примерно 1000 массивных звезд в области 30 Золотой Рыбы, гигантской «звездной колыбели», известной также как Туманность Тарантул. Команда провела подробный анализ наблюдений примерно 250 звезд с массами от 15 до 200 масс Солнца, чтобы определить распределение массивных звезд, формируемых в области 30 Золотой Рыбы, по массам. В результате анализа исследователи выяснили, что количество массивных звезд в этой области намного выше, чем предполагалось, а кроме того, значительная доля массы всех изученных в рамках исследования звезд приходится на гигантские звезды массами от 200 до 300 масс Солнца, существование которых ранее считалось маловероятным.

Изучение распределения массивных звезд по массам представляет собой непростую задачу для астрономов, поскольку на звезды массой свыше 10 солнечных масс приходится не более примерно 1 процента всей массы звезд Вселенной, и звездообразовательные области с достаточно большим числом массивных звезд можно пересчитать по пальцам. Область 30 Золотой Рыбы является как раз одним из таких редких мест нашей Вселенной, объяснил Шнейдер.

В центре туманности находится небольшое скопление звёзд R136, на стыке трёх пузырей. Эти звёзды — результат процессов звездообразования, их возраст оценивается приблизительно в два миллиона лет. Кроме того, туманность содержит сверхмассивную звезду R136a1 массой 196 солнечных.

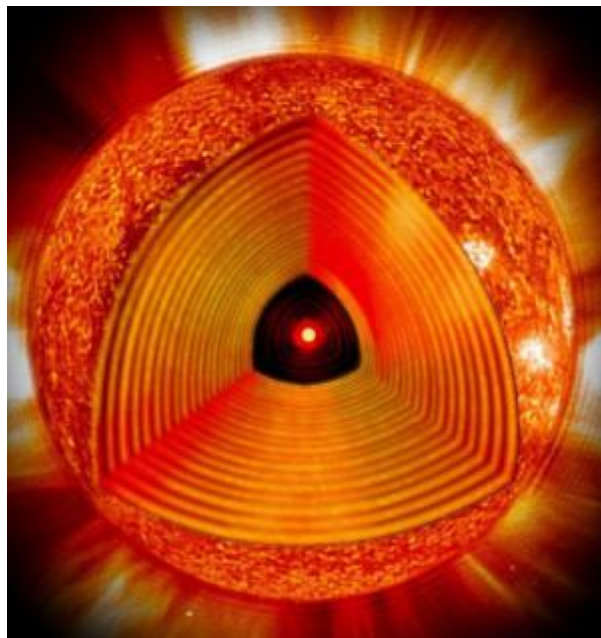
2018г 6 января 2018 года сайт AstroNews сообщает, что международная команда астрономов под руководством Эрла Беллинджера (Earl Bellinger) из Института исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (Германия) впервые получила данные о внутренней структуре двух звезд, базируясь на их осцилляциях.

Наше Солнце, так же как и большинство других звезд, испытывает пульсации, которые распространяются в недрах звезды как звуковые волны. Частоты этих волн модифицируют свет, испускаемый звездой, и впоследствии могут быть выделены из светового потока, регистрируемого астрономами на Земле. Подобно тому, как сейсмологи идентифицируют внутреннюю структуру планеты, анализируя землетрясения, астрономы определяют свойства звезд по их пульсациям – и эта область науки носит название астросейсмологии.

В новой работе Беллинджер и его команда проанализировали при помощи методов астросейсмологии внутреннюю структуру двух звезд системы 16 Лебеда - 16 Лебеда А и 16 Лебеда В – очень похожих на наше Солнце. Находится примерно в 70 световых годах от Земли в созвездии Лебеда. Система состоит из двух похожих на Солнце

жёлтых карликов и тусклого красного карлика. В 1996 году у компонента 16 Лебеда В была обнаружена экзопланета.

Для создания модели недр звезды астрофизики перебирают различные модели эволюции светила, до тех пор пока одна из них не даст картину, схожую с наблюдаемыми спектрами частот. Однако пульсации теоретических моделей часто отличаются от пульсаций звезд, что, вероятно, объясняется до сих пор неизвестными особенностями физики звезд.



Поэтому Беллинджер и его коллеги решили использовать так называемый обратный метод. Они рассчитали локальные свойства недр звезды, исходя из наблюдаемых частот. Этот метод в меньшей степени зависит от теоретических допущений, однако требует высочайшего качества измерений и включает большой объем сложных математических преобразований.

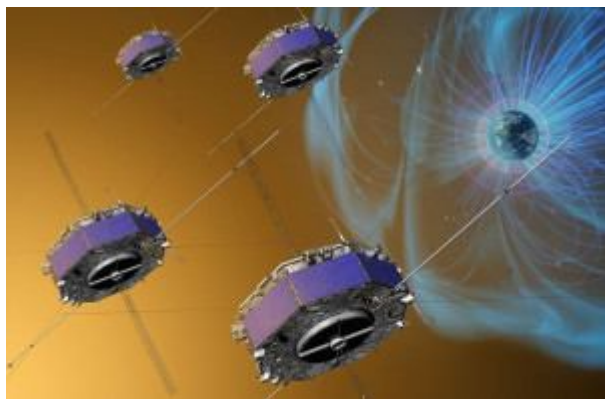
Используя этот обратный метод, исследователи смогли заглянуть внутрь звезд на глубину свыше 500000 километров – и обнаружили, что скорость звука в центральных областях исследуемых светил выше, чем предсказывается моделями. «В случае звезды 16 Лебеда В эти расхождения могут быть объяснены, если скорректировать предполагаемые массу и размер звезды, – сказал Беллинджер. – В случае звезды-компаньона, однако, причину расхождений мы идентифицировать не смогли».

Исследование вышло в журнале *Astrophysical Journal*.

2018г 8 января 2018 года группа из четырех космических аппаратов НАСА наконец смогла запечатлеть явление, на которое ученые «охотились» на протяжении нескольких лет - открыли межпланетную ударную волну. Четыре космических аппарата входящих в состав миссии НАСА, известные как Magnetospheric Multiscale mission (MMS), которая была запущена в космос 13 марта 2015 года, идентифицировали два скопления ионов, происходящих от солнечного ветра, что свидетельствовало о мощной межпланетной ударной

волне, согласно анализу, проведенному международной группой ученых.

Основной целью этой миссии является изучение магнитной обстановки в окрестностях Земли. Для достижения этой цели используются четыре идентичных спутника, которые совместно составляют карту изменения параметров магнитного поля в пространстве.



Явление, известное как межпланетная ударная волна, возникает при взаимодействии между двумя различными участками потока заряженных частиц, постоянно протекающего со стороны Солнца и называемого "солнечным ветром".

Когда быстро движущийся участок потока солнечного ветра догоняет более медленно движущийся участок, он передает часть энергии этому «медленному» участку и формирует ударную волну, считают ученые. В ходе наблюдений, проводимых в январе 2018 г., космические аппараты MMS запечатлели вид, указывающий на такой процесс передачи энергии.

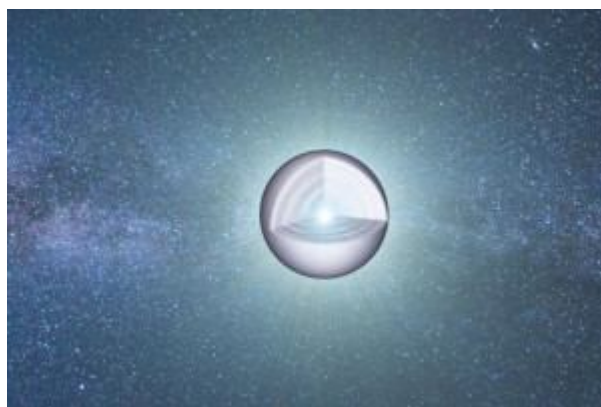
"Межпланетный шок - это ударная волна, которая распространяется по солнечной системе", - сказал Ян Дж. Коэн (Ian J. Cohen), ведущий автор исследования из Лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса в Мэриленде. "Удары - это физические процессы, возникающие, когда более быстрый объект движется через более медленный. Примером может служить сверхзвуковая струя, движущаяся в воздухе быстрее скорости звука".

"В случае межпланетного удара мы имеем более быстрый поток солнечного ветра — постоянный поток частиц от Солнца — догоняющий более медленный солнечный ветер и создающий ударную волну", - сказал он. "Эти типы ударов являются "бесстолкновительными", потому что частицы, участвующие в ударе, то есть частицы солнечного ветра, в основном взаимодействуют с электрическими и магнитными полями, а не при столкновении, подобном бильярдному шару, с другими частицами".

2018г 8 января 2018 года в журнале Nature опубликована статья с результатами исследования белого карлика KIC08626021 методами гелиосейсмологии. Оказалось, что его ядро на 40% больше, чем предсказывают современные модели звездной эволюции, а содержание кислорода в нем на 15% больше. Такие большие расхождения оспаривают

правильность современных представлений о процессах в ядрах звезд.

Белые карлики — самый распространенный конечный этап эволюции звезд. В конце жизни в них превращаются около 97% всех светил. В отличие от обычных звезд (на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга — Рассела), стабильность которых обеспечивает термоядерная энергия, в белых карликах гравитации сопротивляется давление вырожденного электронного газа — явление квантовой природы. По мере старения белые карлики остывают, что приводит к периодам нестабильности, во время которых они начинают вибрировать. Такие «звездотрясения» распространяются по всему объему светил, а их детальный анализ позволяет получить информацию о внутреннем строении.



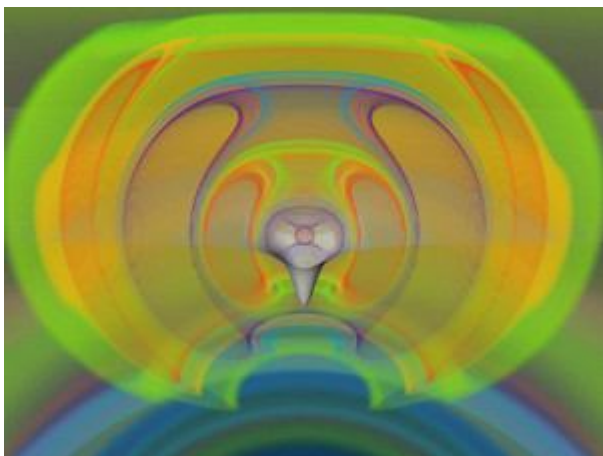
KIC08626021 находится примерно в 1375 св.лет от Земли, и располагающиеся на поверхности планеты телескопы его едва замечают. Авторы новой работы использовали орбитальный телескоп НАСА Kepler («Кеплер», 2009-2018), который способен работать долго, накапливая сигнал от отдельных объектов. «Нам удалось изучить внутренности пульсирующего белого карлика с такой точностью, как будто мы рассекли его на поперечные сечения», — говорит руководитель работы Нозми Жаммишель (Noemi Giammichele) из Монреальского университета.

В результате выяснилось, что ядро этой звезды почти вдвое больше, чем предсказывают теории, да и его состав сильно разнится с представлениями астрономов. «Я думаю, что в ближайшие месяцы звездным астрофизикам придется пересчитывать свои вычисления, — говорит Жиль Фонтен (Gilles Fontaine), соавтор статьи. — Это крупное открытие, которое заставляет нас переосмыслить представления о смерти звезд». Однако авторы отмечают, что потребуются дополнительные исследования, которые могут подтвердить выводы данной работы для случаев других звезд. Иначе придется признать этот белый карлик аномалией. Астрономы уже собрали данные о 60 других пульсирующих белых карликах.

2018г 9 января 2018 года в журнале Astrophysical Journal опубликована статья, что астрофизики из Франкфуртского университет им. И.В. Гёте, Германия, установили новый предел максимальной массы нейтронной звезды: не более 2,16 массы Солнца.

Поиски и исследования компактных объектов с массами на границе между нейтронными звездами и черными дырами дают информацию об экстремальных состояниях вещества в таких телах. В теории максимальная масса нейтронной звезды описывается пределом Оппенгеймера — Волкова и находится в диапазоне от 1,5 до 3 масс Солнца. Пиковое значение массы, которую может набрать нейтронная звезда, зависит от ее эволюционного пути в двойной системе, например исследование только пар нейтронных звезд дает значение 1,45 массы Солнца. Поэтому необходимо изучать различные классы двойных систем с нейтронными звездам в поисках самых массивных подобных объектов.

Начиная с самого открытия нейтронных звезд, которое состоялось в 1960 г., ученые искали ответ на важный вопрос: насколько массивными могут быть нейтронные звезды? В отличие от черных дыр нейтронные звезды не могут набирать массу неограниченно — существует предел, при превышении которого нейтронная звезда «схлопывается» в черную дыру. В своем исследовании астрофизики из Франкфуртского университета им. И.В. Гёте впервые строго рассчитали величину предельной массы нейтронных звезд.

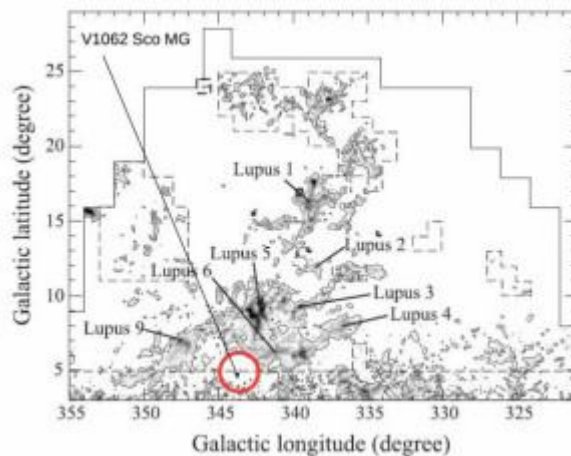


В своей работе исследователи под руководством профессора физики Лучано Резолла (Luciano Rezzolla) выяснили, что верхний предел массы нейтронной звезды составляет строго 2,16 массы Солнца. Основой расчетов стал принцип «универсальных отношений» разработанный во Франкфурте несколько лет назад. Существование «универсальных отношений» подразумевает, что практически все нейтронные звезды «выглядят похоже» в том смысле, что их свойства могут быть выражены безразмерными величинами.

В новой работе исследователи объединили эти «универсальные отношения» с данными гравитационно-волновых наблюдений слияния нейтронных звезд и послесвечения этого события (т.н. «килоновы»), полученными при помощи обсерватории LIGO (детекторной сети LIGO-Virgo) 17 августа 2017 года (событие GW170817). Это упростило расчеты и сделало их независимыми от уравнения состояния материи нейтронной звезды. Уравнение состояния представляет собой

теоретическую модель, описывающую поведение плотной материи внутри звезды на разных глубинах.

Следует однако заметить, что в 2022 году вышло исследование группой астрономов во главе с Роджером Романи (Roger W. Romani) из Стэнфордского университета пульсара PSR J0952–0607, который был обнаружен в 2017 году. Это оказалась самая массивная нейтронная звезда, ее масса равна 2,35 массы Солнца, что требует коррекции теоретических моделей.



2018г 10 января 2018 года сайт AstroNews сообщает, что команда астрономов из Германии и Венгрии обнаружила новую группу совместно движущихся молодых звезд. Эта вновь обнаруженная группа расположена в подгруппе Верхней Центавра — Волка (Upper Centaurus Lupus, UCL) OB-ассоциации Скорпиона — Центавра.

OB-ассоциация Скорпиона — Центавра представляет собой ассоциацию массивных молодых звезд спектральных классов O и B. Расположенная на среднем расстоянии 400 световых лет от Земли, она является ближайшей к нам областью, в которой происходит формирование массивных звезд.

Одной из подгрупп этой ассоциации является подгруппа UCL, которая на небе почти полностью покрыта звездообразовательными областями, за исключением небольшой области в юго-восточном углу этой подгруппы. В новом исследовании группа астрономов под руководством Сигфрида Розера (Siegfried Röser) из Гейдельбергского университета (Германия) обнаружила компактную, молодую группу движущихся звезд именно в этой области подгруппы UCL.

Эта вновь обнаруженная группа, получившая название V1062 Sco Moving Group (V1062 Sco MG), была открыта при анализе данных из каталога собственных движений звезд Gaia-TGAS миссии Европейского космического агентства Gaia («Гая»). Затем для определения фундаментальных параметров вновь открытой группы звезд были проведены дополнительные наблюдения при помощи наземных обсерваторий.

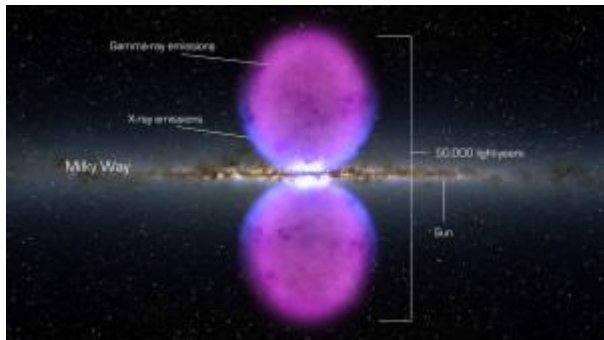
Согласно исследованию группа V1062 Sco MG представляет собой совместно движущуюся группу из 63 молодых звезд, находящуюся на расстоянии примерно 570 световых лет от Земли. Обнаруженные звезды не являются «погодками», поскольку их возраст разбросан в диапазоне от 4 до

25 миллионов лет. На настоящий момент ученые не могут объяснить этот разброс возраста звезд.

Авторы работы подчеркивают, что все звезды вновь обнаруженной группы движутся строго в одном направлении, при этом разброс скоростей в этом направлении составляет не более 1,0 километра в секунду. Массы членов звездной группы изменяются в диапазоне от 0,7 до 2,6 масс Солнца.

Дальнейший этап исследования группы V1062 Sco MG авторы связывают с новой публикацией научных данных от спутника Gaia Европейского космического агентства под названием Gaia Data Release 2, которая ожидается в апреле 2018 г.

Исследование появилось на сервере предварительных научных публикаций arXiv.org.



2018г 10 января 2018 года во второй день 231-го собрания Американского астрономического общества Джей Локман представил результаты наблюдений обсерватории Грин-Бэнк за водородными облаками, дрейфующими на ветру гигантских пузырей Ферми, исходящих из центра нашей галактики. Происхождение этой структуры горячего газа в форме песочных часов остается неизвестным, но новые наблюдения показывают, что она потенциально может питаться от сверхновых в центре галактики. Отслеживание движения облаков показывает газовый конус возрастом около 10 миллионов лет, расширяющийся со скоростью около 330 километров в секунду. Локман и его коллеги сделали это, наблюдая за движением водородных облаков, захваченных ветром пузырьков, почти так же, как вы можете "увидеть" характер ветра на Земле, подбросив в воздух горсть пыли.

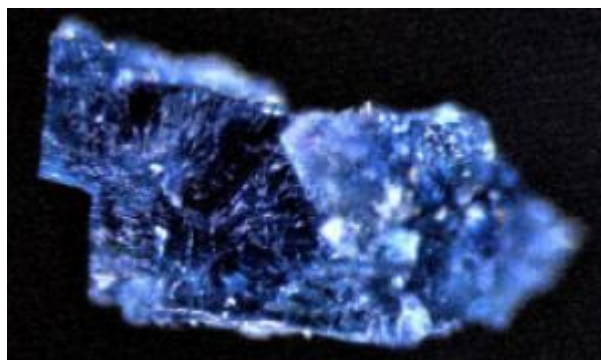
Наблюдения за центром Млечного Пути велось с помощью 100-метрового радиотелескопа «Green Bank Telescope» (Грин-Бэнк) Национальной радиоастрономической обсерватории (США) и выявили более 100 водородных облаков, направляющихся в межзвездное пространство. Эти наблюдения помогут астрономам получить более ясное представление о так называемых пузырях Ферми, гигантских образованиях, формируемых сверхгорячим газом, выдуваемым вверх и вниз относительно диска нашей Галактики — Млечного Пути. Пузыри Ферми были обнаружены в 2010 году космическим гамма-телескопом «Fermi», работающий с 2008 года.

Сверхмассивная черная дыра, лежащая в центре Галактики (Стрелец A*), а также процессы звездообразования в ней приводят к формированию мощного космического «ветра», который «выдувает» два огромных пузыря, расположенных по обе стороны от диска Млечного пути и

наполненных газом, разогретым до температуры в десятки миллионов градусов. Свечение этого газа наблюдается в радио-, рентгеновском и гамма-диапазонах. Однако подробные наблюдения газа пузырями Ферми представляют проблему, поскольку его плотность, а соответственно и плотность потока формируемого им излучения, очень мала.

В новом исследовании команда под руководством Джея Локмана (Jay Lockman) из обсерватории Грин-Бэнк (США) использовала для наблюдений пузырей Ферми вспомогательные объекты — облака нейтрального водорода, которые ярко светятся на длине волны 21 сантиметр. Часть этих облаков уже была открыта ранее, однако в своей работе Локман и его команда наблюдали эти облака более подробно и открыли новые объекты, относящиеся к этой группе.

В ходе наблюдений Локман и коллеги обнаружили, что разброс скоростей этих облаков указывает на движение их вдоль конуса, примерно соответствующего по форме ближней к диску Галактики части одного из пузырей Ферми. Скорости этих облаков различаются на величину до 400 километров в секунду, в то время как другие облака водорода, участвующие только в упорядоченном вращательном движении относительно центра Млечного пути, демонстрируют значительно меньший разброс скоростей. Согласно Локману это указывает на то, что наблюдаемые облака водорода движутся вдоль конуса с центром в центре Млечного пути, и определенная часть облаков приближается к нам, в то время как другая их часть от нас удаляется.



2018г 11 января 2018 года в журнале Science Advances представлены результаты исследования образцов двух метеоритов, упавших на Землю в 1998 году (один в марте в США, другой — в августе в Марокко (фото), они бережно хранятся в Космическом центре им. Джонсона NASA в Техасе) после космического путешествия длиной в несколько миллиардов лет, из которых были взяты кристаллы, показал наличие в них ингредиентов для зарождения жизни: жидкой воды и смеси сложных органических соединений, таких как углеводород и аминокислоты. Открытие дает новое представление о ранней истории Солнечной системы и геологии астероидов, а также намекает на возможное существование жизни в окрестностях Земли.

«Впервые мы нашли органику, связанную с жидкой водой, что имеет решающее значение для зарождения жизни и построения сложных

органических соединений в космосе. В образцах есть все, что может привести к возникновению жизни, включая аминокислоты, необходимые для образования белков», — рассказывает Куини Чан, ведущий автор исследования из Открытого университета (Великобритания).

Если жизнь действительно существовала в ранней Солнечной системе, то эти содержащие включения кристаллов соли метеориты «повышают вероятность встретить жизнь или биологические молекулы, заключенные внутри кристаллов соли». Эти кристаллы соли содержат микроскопические следы воды, которая, предположительно, попала в них на заре существования Солнечной системы, то есть примерно 4,5 миллиарда лет назад.

Чан сказала, что схожесть между кристаллами соли в этих двух различных метеоритах указывает на то, что траектории родительских астероидов в Поясе астероидов в прошлом могли пересекаться и они могли формироваться из схожего по составу вещества.

Подробный химический анализ крошечных кристаллов, а также структурные изменения метеоритов намекают на то, что в прошлом пути их прародителей пересекались, и они взаимодействовали друг с другом. «Мы считаем, что метеориты связаны с Церерой и астероидом Геба. Кроме этого есть подсказки, что кристаллы заполнялись льдом или водой, выброшенной из подземного океана карликовой планеты вулканической активностью», — пояснила Куини Чан.

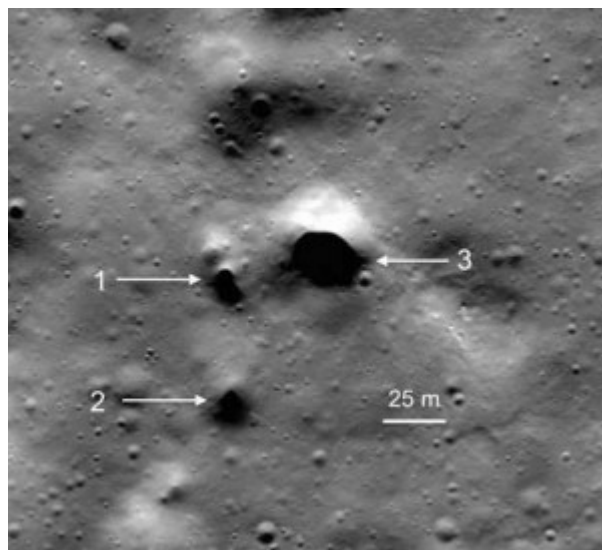
«В первых двух метеоритах имеется большое количество органических соединений, в том числе очень примитивный тип, который, вероятно, представляет собой органическую композицию ранней Солнечной системы. Похоже, что зарождение жизни действительно возможно не только на Земле», — заключила Куини Чан.

Одновременно, в другом новом исследовании марсианских метеоритов, космохимик Билл Кассата (Bill Cassata) из Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса (США) показывает, что наложить ограничение на продолжительность «водного периода» истории Марса можно, исследуя газы, заключенные в марсианских метеоритах.

Кассата проанализировал содержание одного из газов марсианской атмосферы, ксенона (Xe), в двух марсианских метеоритах, ALH 84001 (найден в Антарктиде в 1984 году, масса 1,93 килограмма) и NWA 7034 (NWA обозначает место «Northwest Africa» (Северо-Западная Африка) — был найден в 2011 году в Сахаре. Обломок породы, который также называют «Черной красавицей» из-за его черного цвета, весит около 320 г. Химический же состав метеорита показывает, что порода образовалась в результате вулканических процессов). Результаты анализа указывают на то, что в ранней марсианской истории в атмосфере планеты находилось достаточно водорода, чтобы стало возможным разделение изотопов ксенона по массе (в космос удаляются более легкие изотопы) в результате процесса, известного как гидродинамический механизм потери атмосферы. Однако измерения, проведенные Кассатой, показывают, что этот процесс достиг кульминации в

первые несколько сотен миллионов лет после формирования планеты (более чем 4 миллиарда лет назад), и с тех пор изотопный состав ксенона марсианской атмосферы почти не менялся.

На Земле разделение изотопов ксенона по массе представляет собой постепенный процесс, который продолжает медленно происходить до сих пор. Тот факт, что потеря атмосферы по гидродинамическому механизму прекратилась на Марсе много лет назад, указывает на сокращение потока водорода в космос, а это, в свою очередь, говорит о том, что на поверхности Красной планеты в этот период уже почти не было воды, фотодиссоциация которой является важным источником атмосферного водорода. Следовательно, «влажный» период истории Марса длился совсем не так долго, как полагают некоторые современные ученые, и завершился уже через несколько сотен миллионов лет после формирования планеты, считает Кассата.



2018г 11 января 2018 года на проводимом НАСА семинаре под названием Lunar Science for Landed Missions Workshop (10-12 января 2018г) планетологом из института SETI и Института Марса Паскалем Ли (Pascal Lee) представлено исследование об обнаружении небольших лунок на дне крупного кратера близ северного полюса Луны, которые могут оказаться входами в подземную сеть лавовых трубок. Эти колодцы были идентифицированы в результате анализа снимков, полученных при помощи космического аппарата НАСА Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). Если в этих лавовых трубках обнаружится водяной лед, то обнаруженные в этом исследовании возможные входы в трубки могут облегчить доступ будущих исследователей Луны к подповерхностному льду.

Эти новые отверстия в поверхности Луны были обнаружены на дне кратера Филолай, в его северо-восточной части. Кратер Филолай расположен примерно в 550 километрах от северного полюса Луны, на ближней стороне естественного спутника нашей планеты. Эти лунки выглядят как небольшие углубления без кольцевого гребня диаметрами от 15 до 30 метров. Отверстия расположены вдоль зоны ветвящихся каналов, известной как «волнистые борозды» (sinuous rilles) на поверхности Луны,

которые покрывают сеть дна кратера Филолай. Считается, что волнистые борозды на поверхности Луны представляют собой коллапсировавшие или частично коллапсировавшие лавовые трубки, подземные тоннели, по которым когда-то текли потоки лавы.

В 2009 году японским зондом Кагуя обнаружено отверстие в поверхности Луны, расположенное недалеко от вулканического плато Холмы Мариуса, предположительно ведущее в тоннель под поверхностью. Диаметр отверстия составляет около 65 метров, а глубина, предположительно, 80 метров. Позже на поверхности Луны было идентифицировано свыше 200 возможных входов в лавовые трубки, расположенных, в том числе, близ участков поверхности, покрытых волнистыми бороздами, однако никогда прежде не были идентифицированы возможные входы в лавовые трубки близ полюсов Луны, где по последним научным данным аккумулировано большое количество водяного льда.



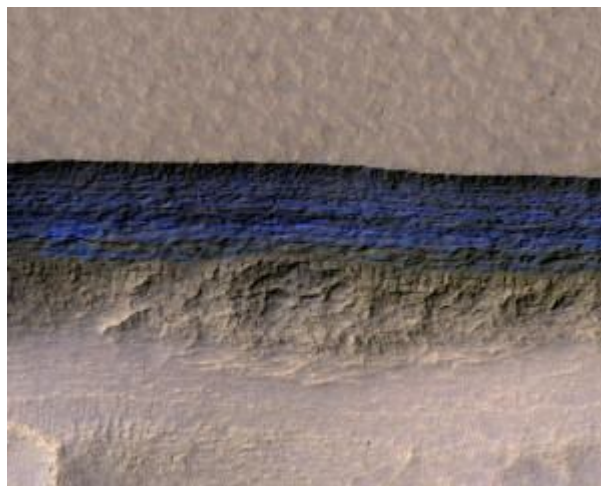
2018г 11 января 2018 года в третий день 231-го собрания Американского астрономического общества выступил Уилл Кларксон из Мичиганского университета в Дирборне, который показал, что с помощью "Хаббла" можно заглянуть в центр Млечного Пути и составить карту движения звезд на основе их химического состава.

В течение многих лет астрономы представляли себе центральную выпуклость Млечного пути, или балджа, упрощенно, как «тихое место», содержащее старые звезды, появившиеся на заре формирования нашей Галактики. Однако до сих пор детальное изучение балджа нашей Галактики осложнялось тем, что в направлении центра Млечного пути находится большое число звезд, не относящихся к балджу, а потому вычленив среди них звезды балджа и наблюдать их перемещения астрономам удалось не сразу.

В новом исследовании ученые во главе с Уиллом Кларксоном (Will Clarkson) из Мичиганского университета в Дирборн (США) проанализировали примерно 10000 нормальных звезд балджа, подобных Солнцу, и показали, что в балдже присутствуют звезды различных возрастов, движущиеся с разными скоростями. Это заключение

базируется на результатах наблюдений звезд балджа в течение 9 лет при помощи космического телескопа НАСА/EKA Hubble («Хаббл»).

Сегодня имеется несколько различных гипотез происхождения балджа Млечного пути. Некоторые исследователи говорят, что балдж появился вместе с началом формирования Галактики 13 миллиардов лет назад. В этом случае все звезды балджа должны быть старыми и двигаться с примерно одинаковыми скоростями. Другие ученые считают, что балдж сформировался позднее в истории Галактики, медленно эволюционируя после появления звезд первого поколения. В этом случае в балдже должны присутствовать более молодые звезды, характер движения которых отличается от характера движения старых звезд. В этом новом исследовании команда Кларксона нашла, что звезды балджа отличаются не только по возрасту, но и по характеру движения – более молодые (богатые «металлами») звезды демонстрируют менее беспорядочное движение, однако обращаются вокруг центра Галактики быстрее, по сравнению со старыми звездами. Таким образом, эти результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о более «молодом» балдже нашей Галактики.



2018г 15 января 2018 года сайт AstroNews сообщает, что исследователи при помощи космического аппарата НАСА Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) обнаружили восемь мест, где толстые слои отложений льда под поверхностью Марса видны на крутых склонах эскарпов.

Эти восемь эскарпов, склоны которых имеют наклон не менее 55 градусов, дают новую информацию о внутренней слоистой структуре прежде обнаруженного в средних широтах Марса подповерхностного льда.

Этот лед, вероятно, сформировался из снега, отложившегося много лет назад. Эти отложения выглядят в поперечном разрезе как относительно чистый водяной лед, который сверху прикрыт «крышкой» толщиной 1-2 метра из каменистых пород или пыли, сцементированной льдом. Эти вновь открытые эскарпы дают ценные сведения об истории климата Красной планеты. Они также показывают, что вода на Марсе более доступна для будущих марсианских пионеров, чем считалось ранее.

Эти эскарпы расположены как в северном, так и в южном полушариях Красной планеты, на широтах от примерно 55 до 58 градусов.

Ученые еще не определили, как именно происходило формирование этих конкретных эскарпов. Однако когда подповерхностный лед был обнажен, эскарп, вероятно, стал расширяться и удлиняться, «отступая» из-за сублимации льда, то есть перехода воды напрямую из твердого состояния в газообразное. В случае некоторых из обнаруженных эскарпов обнаженные слои льда имеют толщину свыше 100 метров. Исследование нескольких из этих эскарпов при помощи инструмента Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars (CRISM) аппарата MRO позволило подтвердить, что наблюдаемый яркий материал является водяным льдом.

Исследование вышло в журнале Science; главный автор К.М. Дандас (C.M. Dundas).



2018г 17 января 2017 года сайт N+1 сообщает, что астрономы при помощи инструмента MUSE, установленного на Очень большом телескопе Европейской южной обсерватории, расположенном в Чили, обнаружили звезду в скоплении NGC 3201, которая демонстрирует очень необычное поведение. По ряду признаков ученые определили, что эта звезда обращается вокруг невидимой черной дыры массой примерно 4 массы Солнца. Этот случай стал первым обнаружением такой неактивной черной дыры звездных масс в шаровом скоплении звезд по ее гравитационным эффектам. Это открытие дает новую информацию о звездных скоплениях этого класса, черных дырах и происхождении событий, сопровождающихся излучением гравитационных волн.

Шаровые скопления звезд представляют собой гигантские шары из тысяч звезд, которые обращаются вокруг большинства галактик Вселенной. Они являются одними из самых древних звездных систем, известных ученым, и их формирование происходило примерно в то же время, когда формировались и начинали расти первые галактики Вселенной. В настоящее время астрономам известно около 150 шаровых скоплений звезд в нашей Галактике.

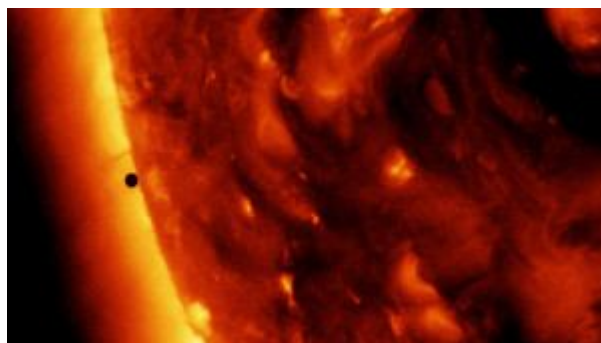
В новой работе исследователи во главе с Бенджамином Гизерсом (Benjamin Giesers) изучили одно из таких шаровых звездных скоплений под названием NGC 3201, расположенное на небе в южном созвездии Паруса. Наблюдая это скопление при помощи Очень Большого Телескопа (VLT), который расположен в чилийской пустыне Атакама,

ученые обратили внимание на то, что одна из звезд скопления движется вперед-назад со скоростями порядка нескольких сотен тысяч километров в час с периодом 167 суток. Расчеты, проведенные командой, показали, что причиной этого необычного движения может быть лишь невидимый объект массой порядка 4 масс Солнца – то есть, черная дыра звездных масс. Более точные значения масс, рассчитанные авторами, составляют 0,8 массы Солнца для звезды и 4,36 массы Солнца – для ее таинственного компаньона, черной дыры.

«Она [звезда] движется по орбите вокруг чего-то совершенно невидимого, имеющего массу более четырех солнечных масс. И это „что-то“ может быть только черной дырой — первой черной дырой, открытой в шаровом скоплении по прямой регистрации ее гравитационного притяжения!», — комментирует Гизерс.

«Таких систем, как обнаруженная нами, вообще не должно быть! Теперь ясно, что это не так. Наше открытие — первая прямая регистрация гравитационного притяжения черной дыры звездной массы в шаровом скоплении. Это очень важно для понимания процессов формирования шаровых скоплений, эволюции черных дыр и двойных систем, и особенно источников гравитационных волн», — заключает Гизерс.

Об открытии рассказывается в статье, принятой к публикации в Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (pdf), и в пресс-релизе ESO.



2018г 20 января 2018 года сайт AstroNews сообщает, что ученые определили потерю массы Солнцем по изменениям орбиты Меркурия. Со временем орбиты планет Солнечной системы расширяются. Это происходит потому, что наша звезда постепенно теряет массу, и ее гравитационное влияние с течением времени ослабевает. В новом исследовании ученые НАСА измерили эту потерю массы, а также другие параметры, непрямым способом, анализируя орбитальное движение Меркурия.

Эти новые значения помогают уточнить ранние прогнозы, снижая уровень неопределенности оцениваемой величины. Это имеет особенно большое значение в случае оценки скорости потери массы Солнцем, поскольку этот процесс позволяет оценить стабильность гравитационной константы G. Хотя G считается фундаментальной физической константой, на самом деле вопрос о ее неизменности в настоящее время остается открытым.

«Меркурий является подходящим объектом для оценки потери массы Солнцем, поскольку его орбита весьма чувствительна к гравитационному

влиянию и активности нашей звезды», - сказал главный автор нового исследования Антонио Женова (Antonio Genova) из Центра космических полетов Годдарда НАСА.

В своей работе команда Женовы отслеживала орбитальное движение Меркурия по данным о перемещении космического аппарата MESSENGER (Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging) в то время, пока миссия еще не была завершена (она завершилась 30 апреля 2015 г.). Проанализировав движение Меркурия и учтя вклады гравитационного воздействия со стороны объектов Солнечной системы на это движение и других влияющих на него факторов, астрономы смогли оценить уширение орбиты Меркурия за счет потери массы Солнцем.

Ранее оценки скорости потери массы Солнцем носили лишь теоретический характер. Согласно этим оценкам скорость потери массы нашей звездой составляет примерно один процент от исходной массы в течение 10 миллиардов лет; этого достаточно, чтобы ослабить гравитационное влияние Солнца настолько, что орбиты планет Солнечной системы начнут «расползаться» со скоростью 1,5 сантиметра в год на одну астрономическую единицу (1 а.е. равна расстоянию от Земли до Солнца) расстояния от планеты до нашего светила. Найденные командой Женовы значения основаны на наблюдениях, и согласно команде, эти значения оказались чуть меньше, чем значения, полученные в результате теоретического анализа, однако имеют меньшую неопределенность. Это позволило повысить стабильность константы G в 10 раз, по сравнению со значениями, полученными ранее в результате изучения движения Луны.

Работа опубликована в журнале Nature Communications.



2018г 25 января 2018 года сайт AstroNews сообщает, что доктор Анна МакЛеод (Anna McLeod) из Школы физических и химических наук Университета Кентерберри (Новая Зеландия, впервые обнаружила джет, идущий со стороны очень молодой, массивной звезды, расположенной в другой галактике. Это открытие будет способствовать значительному развитию теории формирования звезд.

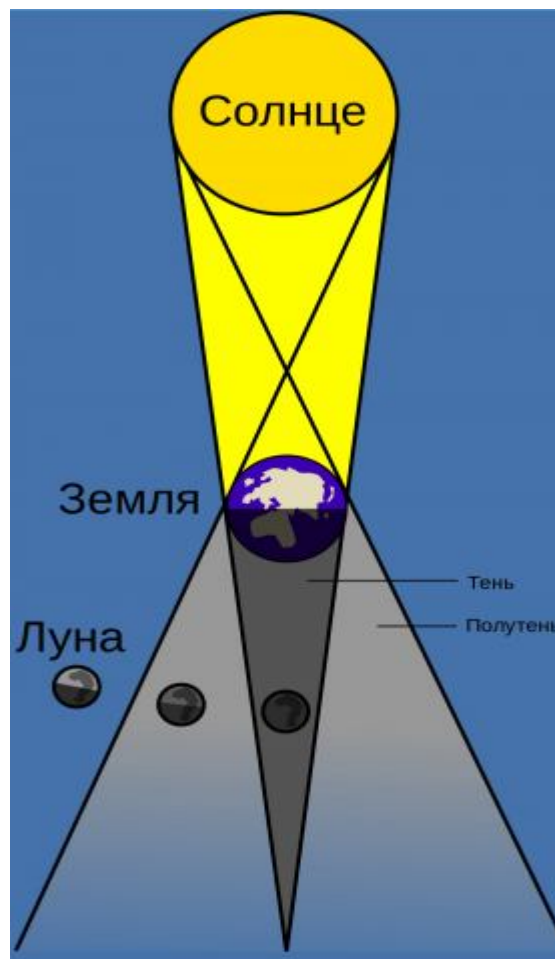
Массивные звезды имеют большое значение для астрономии, поскольку они регулируют формирование новых поколений звезд, а также эволюцию целых галактик. В своей новой статье доктор МакЛеод описывает обнаруженный в

оптическом диапазоне джет, идущий со стороны молодой массивной звезды, расположенной в галактике-спутнике Млечного пути Большом Магеллановом Облаке. Согласно автору протяженность этого джета составляет примерно 36 световых лет, что делает его одним из самых протяженных джетов своего класса, когда-либо открытых учеными. Масса родительской звезды составляет примерно 12 масс Солнца.

Наблюдательные данные, которые использовались в этой работе, были получены при помощи Очень большого телескопа (VLT), расположенного в чилийской пустыне Атакама.

«Мы обнаружили очень молодую и до сих пор находящуюся в процессе формирования массивную звезду – так называемый молодой звездный объект – которая испускает биполярный джет. Этот джет является прямым доказательством присутствия того, что мы называем аккреционным диском – диском вокруг экватора звезды, посредством которого звезда аккрецирует материю и растет – вокруг массивной звезды, аналогично тому, что мы наблюдаем вокруг звезд небольшой массы», - рассказала доктор МакЛеод.

Исследование вышло в журнале Nature.



2018г 31 января 2018 года Лунное затмение, редкое тройное астрономическое явление — суперлуние в сочетании с полным лунным затмением и голубой Луной. Астрономическое событие, которое последний раз наблюдалось 36 лет назад – редкая «кровавая голубая суперлуна».

Это событие вызывает такой большой интерес, поскольку является наложением одновременно трех необычных астрономических событий, связанных с Луной: сверхбольшой суперлуны, голубой Луны и полного лунного затмения.

Голубой Луной называют вторую полную Луну за один месяц. Обычно голубая Луна наблюдается один раз в два года и восемь месяцев.

Эта полная Луна стала также третьей по счету в серии «суперлун», наблюдающихся, когда Луна оказывается в ближайшей к Земле точке своей орбиты. Нахождение в этой точке, называемой перигеем, приводит к увеличению видимого размера Луны на небе на 14 процентов, а яркости – на 30 процентов.

Во время затмения Луна будет проходить в тени Земли, при этом ее диск будет постепенно окрашиваться из белого в оранжевый или красный цвета. Такое необычное окрашивание обусловлено тем, что на Луну в это время падает свет, прошедший через земную атмосферу и испытавший в ней неравномерное по спектру поглощение.

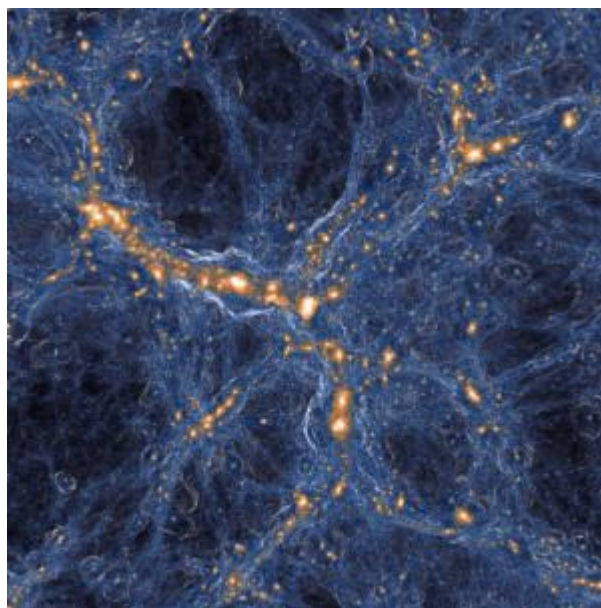
Такая конфигурация Солнца, Луны и Земли будет наблюдаться лишь в течение одного часа и 16 минут, и наблюдатели, находящиеся на территориях Среднего Востока, Азии, России, Австралии и Новой Зеландии, увидят это событие в вечерние часы, в то время, когда Луна будет вставать над горизонтом.

В связи с несовпадением плоскостей лунной и земной орбит далеко не каждое полнолуние сопровождается лунным затмением, и далеко не каждое лунное затмение — полное. Максимальное количество лунных затмений за год — 4 (например, в 2020 и 2038 годах), минимальное количество лунных затмений — два в год. Затмения повторяются в прежнем порядке каждые $6585\frac{1}{3}$ дней (или 18 лет 11 дней и ~8 часов — период, называемый сарос); зная, где и когда наблюдалось полное лунное затмение, можно точно определить время последующих и предыдущих затмений, хорошо просматриваемых в этой местности. Эта цикличность часто помогает точно датировать события, описываемые в исторических летописях.

2018г 1 февраля 2018 года сайт AstroNews сообщает, что представлена самая современная компьютерная модель Вселенной – Illustris TNG. Новые вычислительные методы позволили создать самую плотно наполненную информацией модель космологического масштаба из когда-либо создаваемых учеными. Этот новый инструмент позволяет глубже понять влияние черных дыр на распределение темной материи, характер формирования и распределения тяжелых элементов в космосе, а также происхождение магнитных полей.

Проект IllustrisTNG представляет собой усовершенствованную версию оригинальной модели Illustris (Illustris project), разработанной группой исследователей во главе с Волкером Шпрингелом (Volker Springel) из Гейдельбергского института теоретических исследований (Германия). Усовершенствования исходной модели были произведены в части добавления ряда физических процессов, играющих важную роль при формировании и эволюции галактик.

Так же как и оригинальная модель Illustris разработана астрофизиками из Гейдельбергского университета (Германия), институтов Астрономии и Астрофизики Макса Планка (Германия), Гарвардского университета (США), Массачусетского технологического института (США) и Центра вычислительной астрофизики (США), этот новый проект воссоздает Вселенную в форме куба с размерами, меньшими по сравнению с нашей Вселенной. На этот раз в проекте моделируется формирование миллионов галактик в репрезентативной области Вселенной, ограниченной поверхностью куба со стороной примерно в один миллиард световых лет. Модель Illustris TNG стала самым крупным проектом, использующим гидродинамическое моделирование для воссоздания космических структур, рассказал Шпрингел.



Детали и масштаб моделирования позволяют изучать формирование, развитие и рост галактик, учитывая процесс звездообразования. «Когда мы наблюдаем галактики с помощью телескопа, мы можем раскрыть лишь некоторые их свойства. С помощью моделирования перед нами открываются все их характеристики. При этом мы можем проследить весь жизненный цикл галактики, вплоть до ее рождения», — рассказывает Шай Генель, участник проекта из Центра вычислительной астрофизики.

Космическая паутина из газа и темной материи, получаемая в результате моделирования с использованием инструмента Illustris TNG, включает галактики, близко напоминающие реальные галактики по форме и размерам. Впервые гидродинамическое моделирование позволило напрямую рассчитать подробную картину формирования скоплений галактик в космосе. При сравнении с наблюдательными данными — такими как данные, полученные при помощи Слоуновского цифрового обзора неба — модель Illustris TNG демонстрирует высокий уровень реализма, говорит Шпрингел.

Кроме того, эта модель прогнозирует развитие космической паутины с течением времени, особенно в отношении темной материи, обильно

наполняющей собой космос. «Особенно удивительно то, что мы теперь можем точно предсказывать влияние черных дыр на распределение материи в крупных масштабах, - сказал Шпрингел. – Это имеет особое значение для надежной интерпретации будущих космологических измерений».

Три научные работы, включающих расчеты при помощи модели Illustris TNG, вышли в журнале Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.



2018г 2 февраля 2018 года сайт AstroNews сообщает, что международная группа астрономов определила, что вокруг Центавра А (NGC 5128), массивной линзовидной галактики, расположенной на расстоянии 13 миллионов световых лет от Земли, движется группа галактик-спутников, формирующая узкий диск. В новой научной работе исследователи отмечают, что такая конфигурация галактик впервые наблюдается за пределами Местной группы - группы галактик, к которой принадлежит наш Млечный путь.

«Значение этих находок состоит в том, что они ставят под вопрос адекватность некоторых космологических моделей и симуляций, объясняющих распределение родительских и спутниковых галактик во Вселенной», - сказал один из соавторов исследования Марсель Павловски (Marcel Pawlowski) с кафедры физики и астрономии Калифорнийского университета в Ирвине (США).

Он сказал, что согласно модели Лямбда-CDM (Lambda-Cold Dark Matter) меньшие по размерам галактики-спутники должны располагаться вокруг более массивных родительских галактик более или менее случайно и двигаться во всех возможных направлениях. Однако галактика Центавр А стала уже третьим по счету, вдобавок к галактикам Млечный путь и Андромеда, зарегистрированным примером «обширной полярной структуры», в которой карликовые галактики-спутники совместно вращаются вокруг центральной галактической массы в «предпочтительно ориентированной конфигурации», как выразился Павловски.

Исследователи смогли продемонстрировать, что 14 из 16 галактик-спутников галактики Центавр А следуют общей картине движения и вращаются в одной плоскости вокруг родительской галактики – что противоречит часто используемым космологическим моделям, согласно которым всего лишь примерно 0,5 процента от числа систем спутниковых галактик в близлежащей части Вселенной должны демонстрировать подобное поведение.

Исследование вышло в журнале Science.



2018г 6 февраля компания SpaceX (основатель Илон Рив Маск, р. 28.06.1971г.) в 20:45 UTC со стартовой площадки LC-39А космического центра им. Кеннеди во Флориде впервые запустил в космос сверхтяжелую из ныне действующих ракету-носитель «Falcon Heavy» грузоподъемностью в 63,8 тонны. Высота ракеты 70 метров, вес 1 420 788 кг. Запуск составляет 150 млн долл.

На борт ракеты поместили личный спорткар – красный спортивный автомобиль (кабриолет) предпринимателя - миллиардера Илона Маска «Tesla Roadster» с манекеном по имени Starman (Звездный человек), который отправился в космос под песню Дэвида Боуи. Спустя несколько часов после запуска в космическое пространство — сначала на околоземную орбиту, а позже на эллиптическую орбиту вокруг Солнца в сторону Марса был выведен спортивный электромобиль Tesla Roadster, принадлежащий предпринимателю.

Ракета компании SpaceX Falcon Heavy способна доставить на низкую околоземную орбиту 63800 килограммов груза, а на более высокую геостационарную орбиту – 26700 килограммов. К Марсу этой ракетой может быть доставлен груз массой 16800 килограммов, а к Плутону – массой 3500 килограммов.

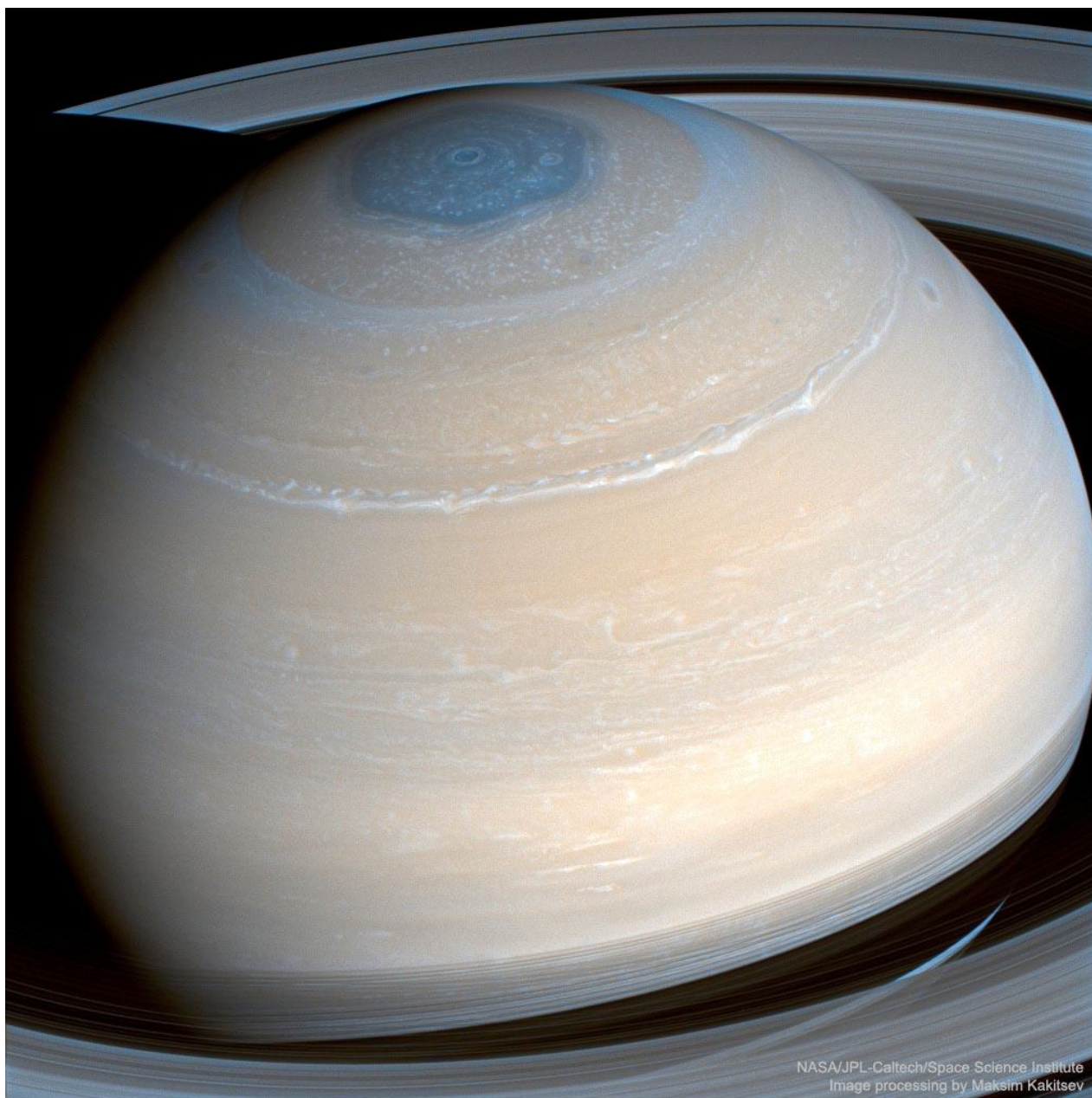
Ракета Falcon Heavy не превзойдет по мощности «лунную» ракету НАСА Saturn V (Сатурн-5 (СТ)), до сих пор остающуюся «королем» тяжелых ракет. Ее стартовый вес почти 3000 тонн, а высота 110 метров.

Советская ракета Н-1 также из группы ракет сверхтяжелого класса имела высоту 105 метров и стартовую массу 1880 тонн.

«Вероятно, в конечном счете он (электромобиль) столкнется с Землей или Венерой, однако пока не стоит паниковать, поскольку вероятность того, что это событие произойдет в течение ближайших нескольких миллионов лет, очень мала», - говорит один из авторов исследования Ханно Рейн (Hanno Rein), ассистент-профессор физики Торонтского университета и директор Центра наук о планетах.

Проведя ряд расчетов с использованием сложного программного обеспечения, Рейн и его коллеги определили, что вероятность столкновения родстера с Землей или Венерой в течение ближайшего миллиона лет составляет 6 процентов и 2,5 процента соответственно.

Анатолий Максименко,
Любитель астрономии, <http://astronomam.ru>



Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 ноября - Луна ($\Phi = 0,81+$) в восходящем узле своей орбиты,
2 ноября - Луна ($\Phi = 0,86+$) близ Сатурна и Нептуна,
5 ноября - астероид Виктория (12) в противостоянии с Солнцем,
5 ноября - полнолуние,
5 ноября - Луна ($\Phi = 1,00$) в перигее своей орбиты на расстоянии 356833 км от центра Земли,

6 ноября - Луна ($\Phi = 0,98-$) близ Альдебарана, Урана и рассеянного звездного скопления Плеяды (покрытие при видимости на всей территории страны),
7 ноября - максимальная южная либрация Луны по широте $6,6^\circ$,
8 ноября - Луна ($\Phi = 0,88-$) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,
9 ноября - Меркурий в стоянии с переходом к попятному движению,
10 ноября - Луна ($\Phi = 0,7-$) близ Юпитера,

11 ноября - астероид *Paragana* (471) в противостоянии с Солнцем,
 11 ноября - Юпитер в стоянии с переходом к попятному движению,
 11 ноября - Луна ($\Phi = 0,6-$) проходит севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44),
 12 ноября - максимум действия метеорного потока Северные Тауриды ($ZHR = 5$) из созвездия Тельца,
 12 ноября - максимальная восточная либрация Луны по долготе $8,0^\circ$,
 12 ноября - Луна в фазе последней четверти,
 12 ноября - Меркурий проходит в градусе южнее Марса,
 13 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,41-$) Регула при видимости на севере России,
 14 ноября Луна ($\Phi = 0,30-$) в нисходящем узле своей орбиты,
 17 ноября - Луна ($\Phi = 0,07-$) проходит близ Спика (покрытие при видимости в Южной Америке и Антарктиде),
 18 ноября - максимум действия метеорного потока Леониды ($ZHR = 20$),
 18 ноября - Марс проходит в 4 градусах к северу от Антареса (анти Ареса, т.е. анти Марса),
 19 ноября - Луна ($\Phi = 0,01-$) близ Венеры,
 20 ноября - Луна ($\Phi = 0,0$) в апогее своей орбиты на расстоянии 406693 км от центра Земли,
 20 ноября - новолуние,
 20 ноября - Луна ($\Phi = 0,0$) близ Меркурия,
 20 ноября - Меркурий в нижнем соединении с Солнцем,
 21 ноября - покрытие Луной ($\Phi = 0,01+$) Антареса (при видимости в Австралии и Новой Зеландии),
 21 ноября - максимальная северная либрация Луны по широте $6,5^\circ$,
 21 ноября - Луна ($\Phi = 0,02+$) близ Марса,
 21 ноября - Уран в противостоянии с Солнцем,
 22 ноября - максимум действия метеорного потока альфа-Моноцеротиды ($ZHR = 5+$) из созвездия Единорога,
 22 ноября - Луна ($\Phi = 0,06+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
 25 ноября - Меркурий проходит в градусе севернее Венеры,
 28 ноября - максимальная западная либрация Луны по долготе $7,5^\circ$,
 28 ноября - Луна в фазе первой четверти,
 28 ноября - Луна ($\Phi = 0,57+$) в восходящем узле своей орбиты,
 29 ноября - Сатурн в стоянии с переходом к прямому движению,
 29 ноября - Луна ($\Phi = 0,65+$) близ Сатурна,
 29 ноября - Меркурий в стоянии с переходом к прямому движению,
 30 ноября - Луна ($\Phi = 0,68+$) близ Нептуна.

Солнце, двигаясь по созвездию Весов, 23 ноября пересечет границу созвездия Скорпиона, а 29 ноября войдет в созвездие Змееносца. Склонение центрального светила к концу ноября достигает $21,5^\circ$ к югу от небесного экватора, поэтому продолжительность дня в северном полушарии Земли близка к минимальной. В начале месяца она составляет 9 часов 12 минут, а к концу описываемого периода уменьшается до 7,5 часов, принимая значение всего на полчаса больше минимальной продолжительности дня. Эти данные справедливы для широты Москвы, где полуденная высота Солнца за месяц уменьшится с 19 до 12 градусов. Наблюдать центральное светило можно весь день. Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить обязательно (!) с применением солнечного фильтра (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

Луна начнет движение по ноябрьскому небу в созвездии Водолея при фазе $0,73+$. 2 ноября Луна ($\Phi = 0,84+$) вступит в созвездие Рыб, где при фазе $0,86+$ будет наблюдаться близ Сатурна и Нептуна. 4 ноября Луна ($\Phi = 0,98+$) перейдет в созвездие Овна. 5 ноября в созвездии Овна яркая Луна примет фазу полнолуния, наблюдаясь всю ночь. 6 ноября ночное светило достигнет созвездия Тельца при фазе $0,99-$. В этот день при фазе $0,98-$ пройдет близ Урана и рассеянного звездного скопления Плеяды (покрытие при видимости на всей территории России). В этот же день Луна ($\Phi = 0,96-$) пройдет севернее Альдебарана, а 8 ноября при фазе $0,86-$ перейдет в созвездие Близнецов. 10 ноября Луна пройдет севернее Юпитера при фазе $0,7-$, перейдет в созвездие Рака, пройдя 11 ноября при фазе $0,6-$ севернее рассеянного звездного скопления Ясли (M44). В этот же день при фазе $0,52-$ лунный полудиск перейдет в созвездие Льва, где примет фазу последней четверти 12 ноября. 13 ноября произойдет покрытие Луной ($\Phi = 0,41-$) Регула при видимости на севере России. 14 ноября при фазе $0,24-$ Луна перейдет в созвездие Девы. 17 ноября Луна ($\Phi = 0,07-$) пройдет близ Спика (покрытие при видимости в Южной Америке и Антарктиде), а 18 ноября при фазе $0,02-$ перейдет в созвездие Весов, где 19 ноября пройдет ($\Phi = 0,01-$) близ Венеры. В созвездии Весов Луна 20 ноября примет фазу новолуния и перейдет в созвездие Скорпиона, где 21 ноября произойдет покрытие Луной ($\Phi = 0,01+$) Антареса (при видимости в Австралии и Новой Зеландии). В этот же день Луна при фазе $0,02+$ вступит в созвездие Змееносца, а 22 ноября ($\Phi = 0,05+$) перейдет в созвездие Стрельца. 26 ноября лунный серп при фазе $0,22+$ вступит в созвездие Козерога, а 27 ноября ($\Phi = 0,43+$) достигнет созвездия Водолея, где примет фазу первой четверти 28 ноября. В созвездии Рыб лунный овал ($\Phi = 0,63+$) перейдет 29 ноября и будет наблюдаться близ Сатурна и Нептуна при фазе около $0,65+$. В созвездии Рыб Луна закончит свой путь по небу ноября при фазе $0,78+$.

Большие планеты Солнечной системы.

Меркурий перемещается прямым движением (9 ноября меняя его на попятное, а 29 ноября снова возвращаясь к прямому движению) по созвездию Скорпиона, 18 ноября переходя в созвездие Весов. Быстрая планета находится на вечернем небе, 20 ноября вступая в нижнее соединение с Солнцем и переходя на утреннее небо. Элонгация Меркурия уменьшается от 24 до 1 градуса к соединению, а затем увеличивается до 18 градусов. 20 ноября близ Меркурия пройдет Луна. Блеск планеты уменьшается от -0,2m до +5m к соединению, а затем возрастает до +0,2m. Видимый диаметр Меркурия возрастает от 7 до 10 угловых секунд к соединению, а затем уменьшается до 8 угловых минут. Фаза планеты уменьшается от 0,6 до 0, а затем увеличивается до 0,4. В телескоп виден небольшой овал, переходящий в полудиск, а затем в серп.

Венера перемещается прямым движением по созвездию Девы, 13 ноября переходя в созвездие Весов (в начале месяца сближаясь со Спикой до 3 градусов). Планета видна на утреннем небе. 19 ноября близ Венеры пройдет Луна. Угловое расстояние планеты от Солнца уменьшается от 17 до 9 градусов к западу от Солнца. Видимый диаметр планеты составляет около 10", а фаза близка к 1 при блеске около -4m.

Марс перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Весов, 4 ноября переходя в созвездие Скорпиона, а 15 ноября - в созвездие Змееносца. Планета находится на вечернем небе. 21 ноября близ Марса пройдет Луна. Блеск Марса составляет слабее +1,5m, а видимый диаметр - около 4 секунд дуги.

Юпитер перемещается прямым движением по созвездию Близнецов, 11 ноября меняя движение на попятное. Газовый гигант наблюдается на ночном и утреннем небе. 10 ноября близ Юпитера пройдет Луна. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы увеличивается от 40" до 44" при блеске ярче -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 имеет попятное движение, перемещаясь по созвездию Водолея. Планета наблюдается вечером и ночью. 2 ноября близ Сатурна пройдет Луна. Блеск планеты составляет около +1m при видимом диаметре менее 19". В небольшой телескоп можно найти спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимый наклон колец Сатурна составляет около 0 градусов, т.е. кольцо не видно.

Уран (6m, 3,5") перемещается попятно по созвездию Тельца южнее звездного скопления Плеяды. Планета видна всю ночь, т.к. вступает в противостояние с Солнцем 21 ноября. 6 ноября близ Урана пройдет

Луна. Увидеть диск Урана (в период видимости) поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планета может быть найдена темном небе при отсутствии Луны и наземных источников света (лучше всего в период противостояния). Блеск спутников Урана слабее 13m.

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

Из комет месяца расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, две кометы: P/Christensen (210P) и P/Schaumasse (24P). Первая при максимальном расчетном блеске около 9m движется по созвездиям Скорпиона, Волка, Весов и Девы. Вторая перемещается по созвездиям Рака и Льва при максимальном расчетном блеске около 10m. Подробные сведения о других кометах месяца имеются на <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

Среди астероидов месяца самой яркой будет Церера в созвездии Кита с максимальным блеском около 8m, а также Веста с тем же блеском в созвездиях Змееносца и Стрельца. 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 12 ноября максимума действия достигнут Северные Тауриды (ZHR= 5) из созвездия Тельца. 18 ноября максимальным числом метеоров будут обладать Леониды (ZHR= 20). 22 ноября в максимуме действия окажутся альфа-Моноцеротиды (ZHR= 5+) из созвездия Единорога. Луна в период максимума первого потока будет в фазе последней четверти, а второго потока - в фазе близкой к новолунию. При максимуме альфа-Моноцеротид Луна будет в фазе близкой к новолунию, и наблюдения второго и третьего потока будут наиболее благоприятны. Из других основных потоков активны Южные Тауриды из созвездия Тельца. Подробнее на <http://www.imo.net>.

Дополнительно в АК_2025 - <https://www.astronet.ru/db/msg/1942896>

Ясного неба и успешных наблюдений!

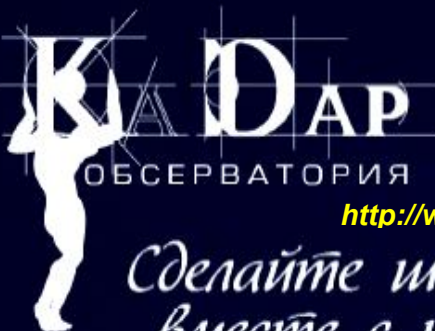
Оперативные сведения о небесных телах и явлениях всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты видимых путей по небесной сфере имеются в Календаре наблюдателя. № 11 за 2025 год <http://www.astronet.ru/db/news/>

Календарь наблюдателя 11 - 2025

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



ОБСЕРВАТОРИЯ

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

Сделайте шаг к науке
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2025 год

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

АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



<http://astronomam.ru>

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

Ложные солнца над Абиско

