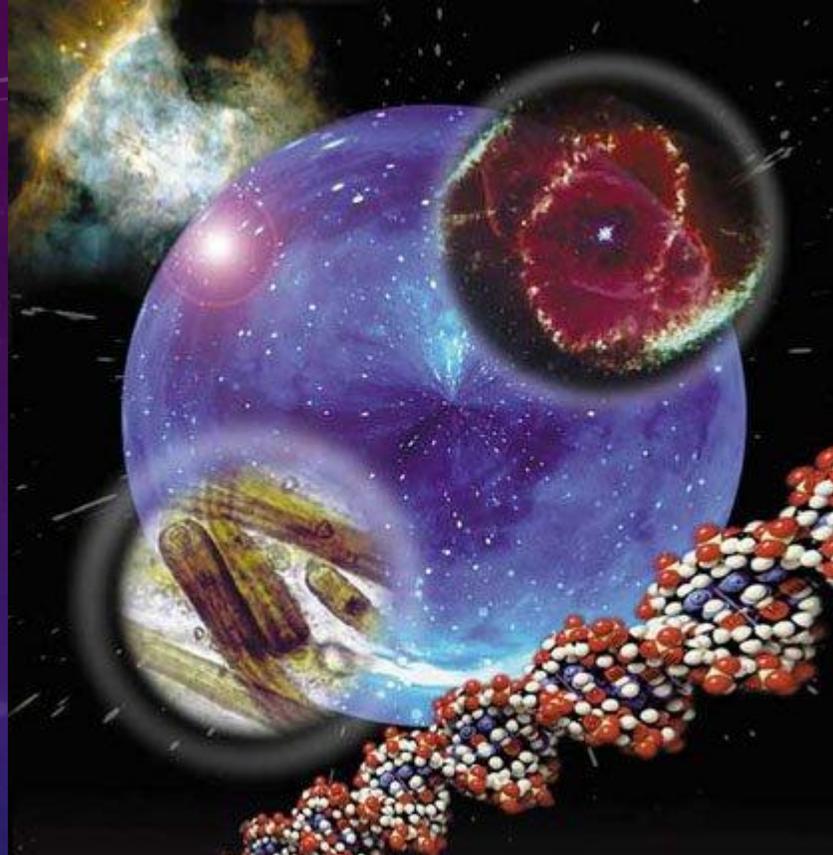


АСТРОБИОЛОГИЯ



Космическая биология и медицина



Поиски внеземного разума



Механизмы
возникновения жизни на
Земле и других планетах,
способы ее обнаружения
и исследования

NASA Astrobiology Institute

LIFE IN THE UNIVERSE

Solar System and Beyond:
Our Journey of Discovery

Exoplanet
Biosignatures

Icy Worlds:
Habitability
and Life
Detection

Mars: *NASA's Journey to Mars*
Habitability
of Early Mars

Technology: *Technology Drives Exploration*
Global Partnerships Employing
Collaborative Technologies

Origin and
Nature of Life,
Co-evolution
with Planet Earth

NAI: the Community

НАШИ СЕГОДНЯШНИЕ ВОПРОСЫ

- Как мы связаны с космосом?
- Что ученые знают наверняка, а о чем только строят теории?
- Что такое жизнь?
- Что мы должны искать, чтобы ее обнаружить?
- Как искать?
- Где искать?

ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ?

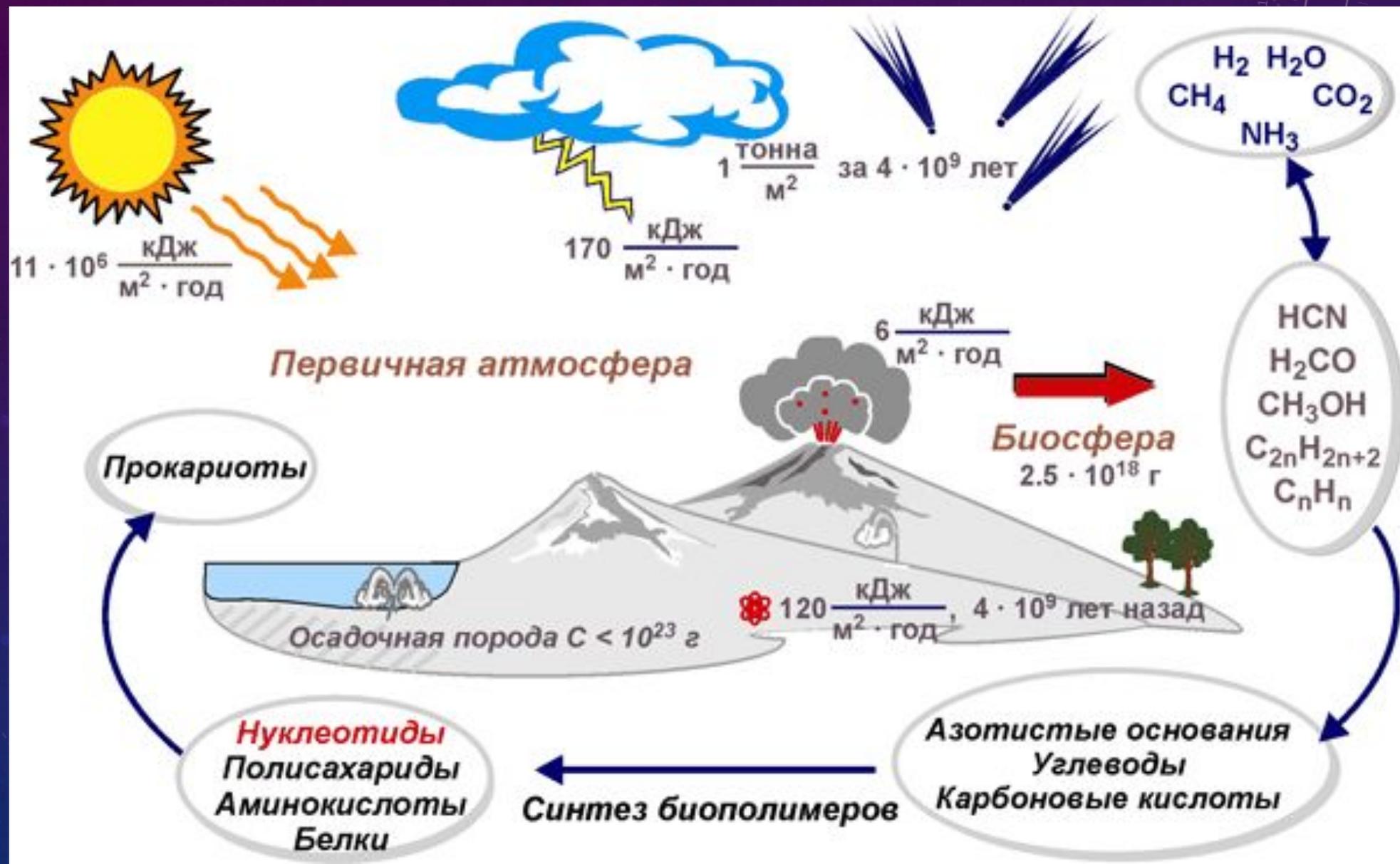
- Существует более ста определений понятия «жизнь», и многие из них противоречат друг другу.
- Фридрих Энгельс дал следующее определение: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка»
- По определению А. А. Ляпунова, жизнь — это «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул»
- Согласно официальному определению NASA, выработанному в 1994 году и применяющемуся в задачах поиска жизни во Вселенной, жизнь — «самоподдерживающаяся химическая система, способная к дарвиновской эволюции»

На текущий момент нет единого мнения относительно понятия жизни, однако учёные в целом признают, что биологическое проявление жизни характеризуется: организацией, метаболизмом, ростом, адаптацией, реакцией на раздражители и воспроизводством





КАК ПОЯВЛЯЕТСЯ ЖИЗНЬ?





УФ-излучение
Солнца

The image is a composite background. The top left shows a purple sky with a white arrow pointing towards the center, labeled 'УФ-излучение Солнца'. The top right shows a view of Earth from space with a white arrow pointing towards the center, labeled 'Кометы, метеориты'. The bottom right shows a blue sky with a white arrow pointing towards the center, labeled 'Вода, органические вещества, жизнь(?)'. The bottom left shows a dark, stormy landscape with a white arrow pointing towards the center, labeled 'Атмосфера молодой Земли: мало кислорода, нет озонового слоя, грозы, молнии'. The word 'Энергия' is written in the center of the image.

Энергия

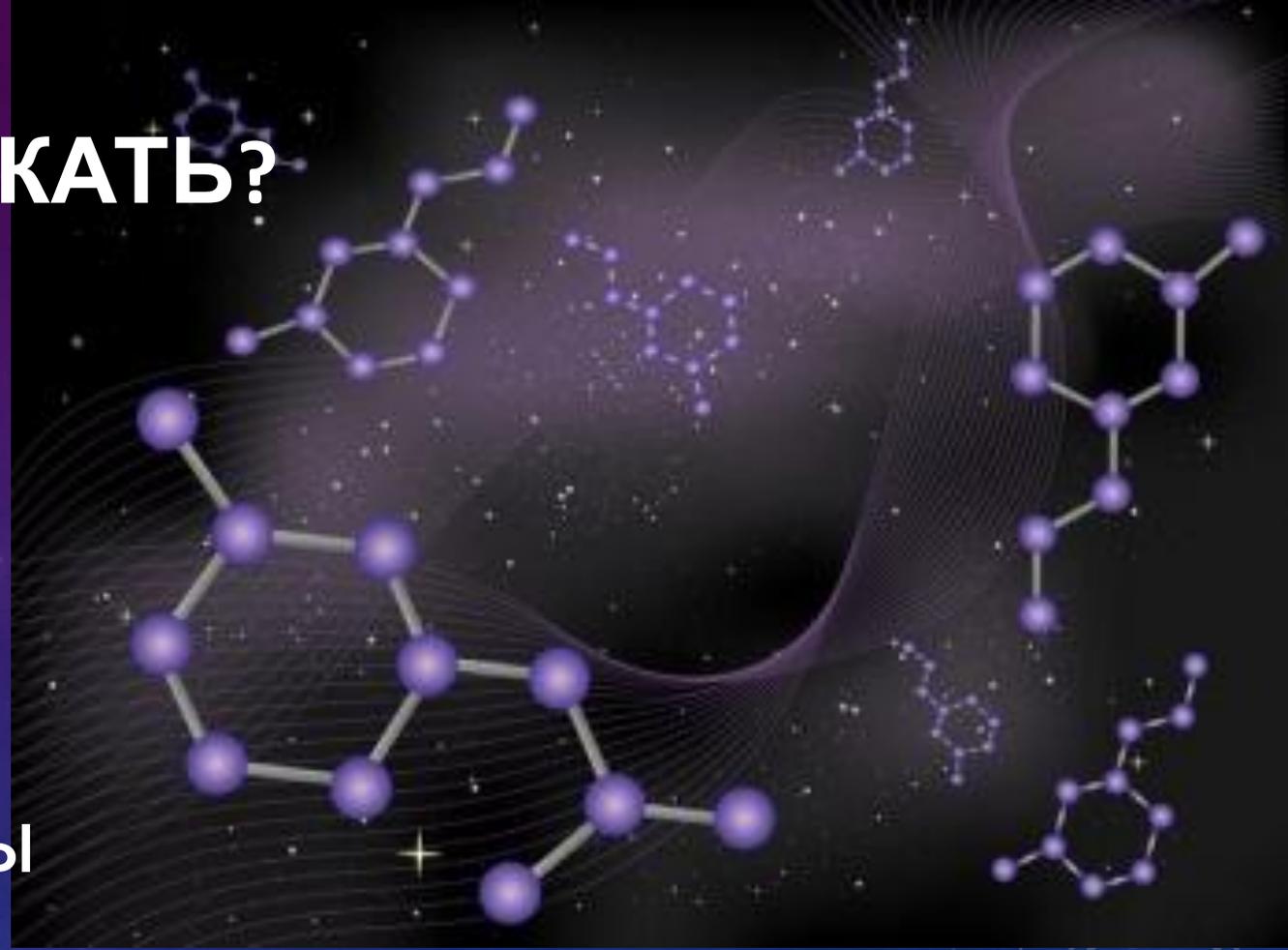
Кометы, метеориты

Вода,
органические
вещества, жизнь(?)

Атмосфера молодой Земли: мало кислорода, нет озонового слоя, грозы,
молнии

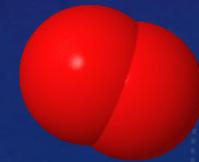
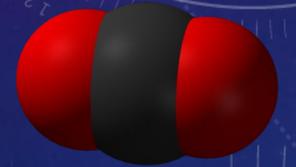
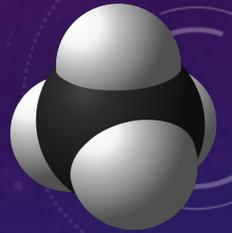
ЧТО МЫ ДОЛЖНЫ ИСКАТЬ?

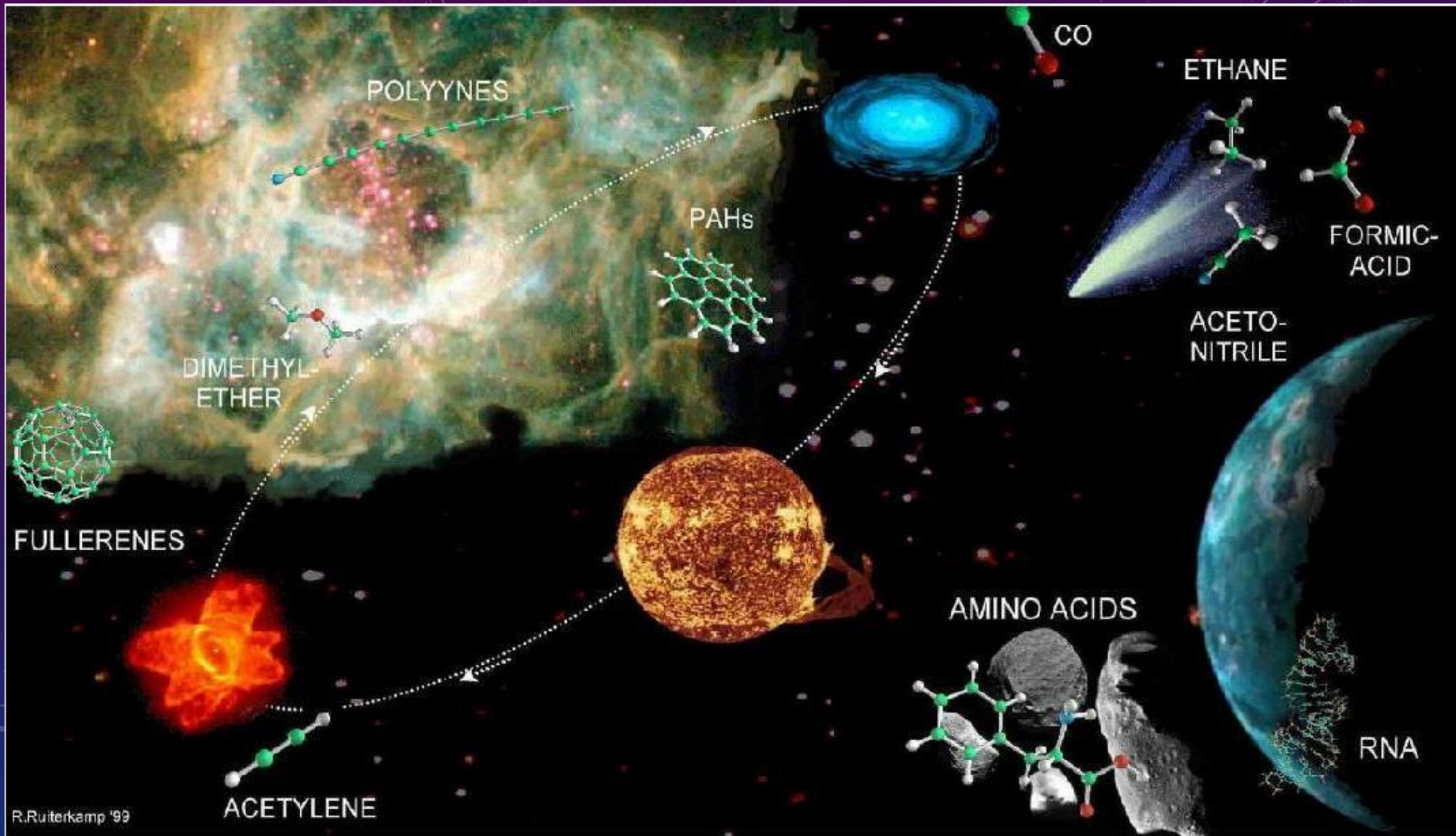
- Молекулы
 - Органические молекулы
 - Биомаркеры
- ◀ (молекулы, сопутствующие жизни)

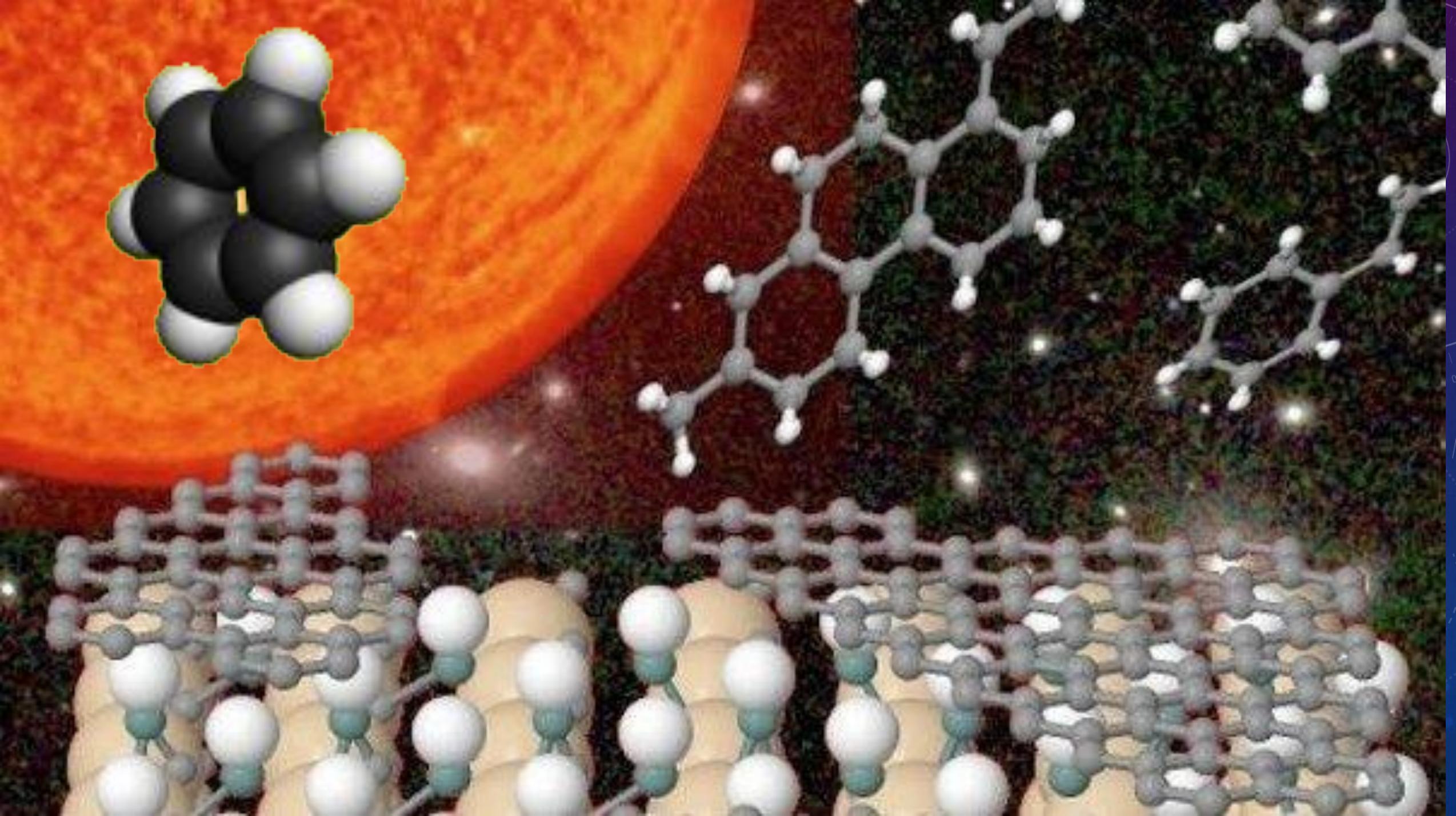


БИОМАРКЕРЫ

- Есть вещества, которых достаточно много, которые довольно четко связаны с жизнью и которые хорошо проявляют себя в спектре. Их называют биомаркерами.
- Основных биомаркеров пять — это кислород, озон, вода, метан и углекислый газ.





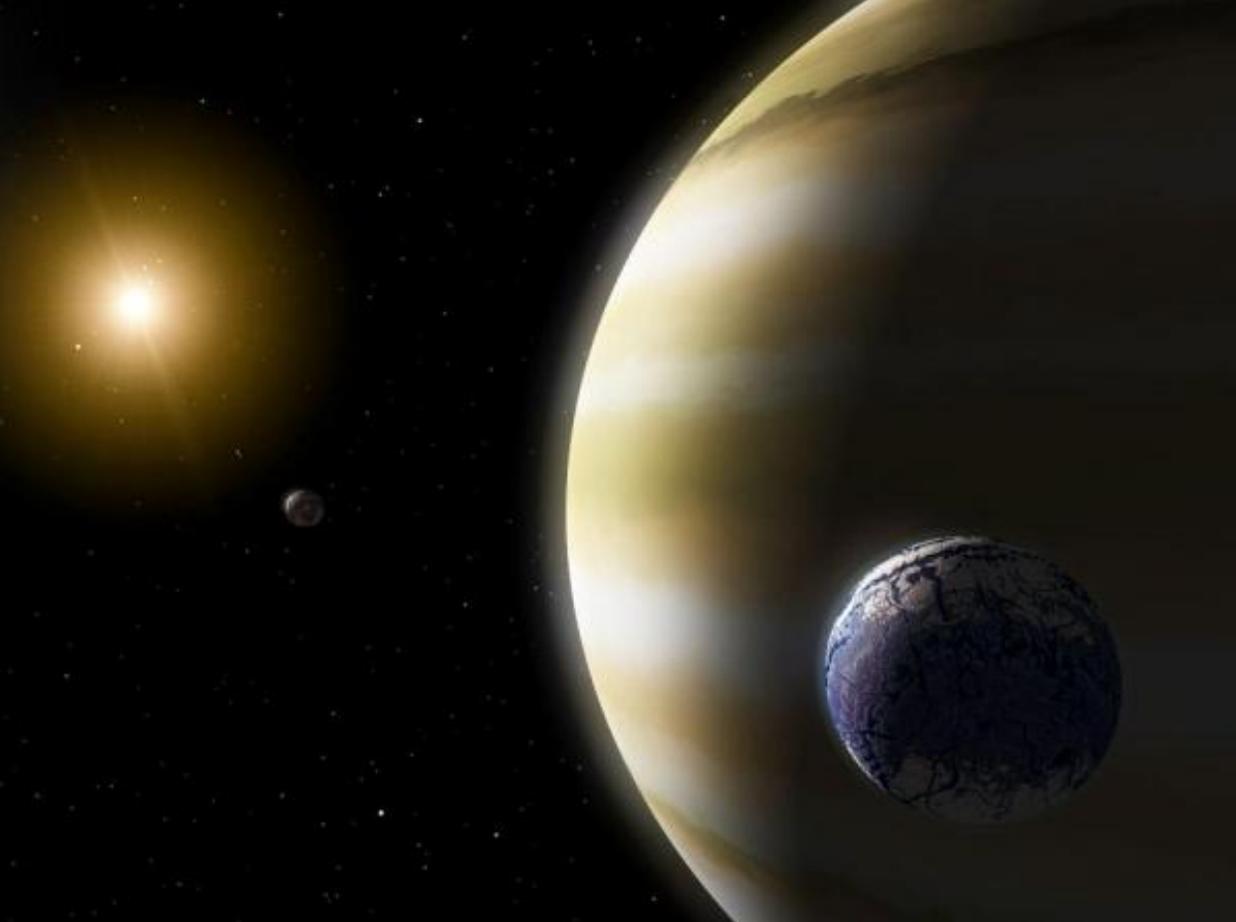
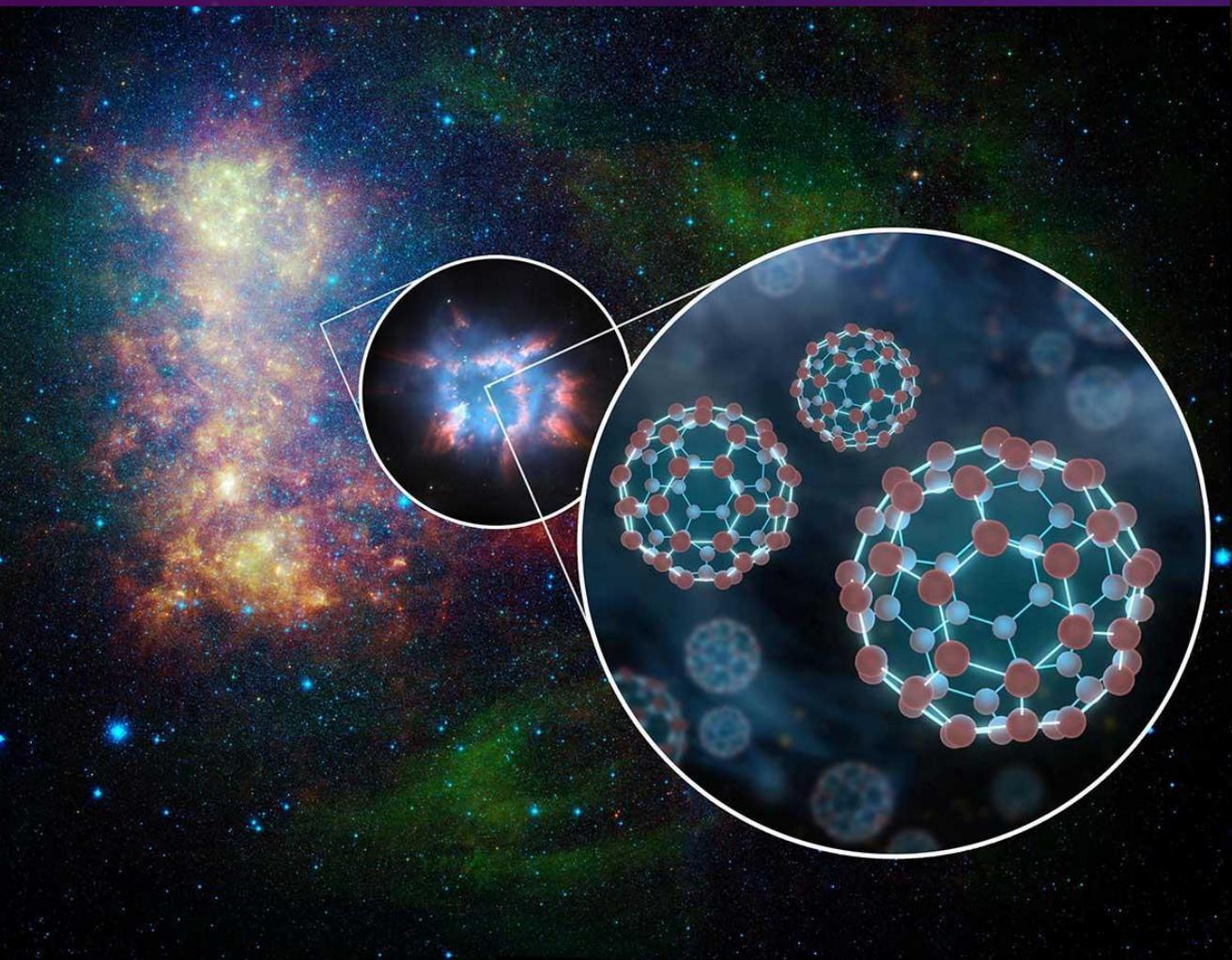


Воспроизведение 22:23 / 43:08

19:16
08.02.2017

- Дмитрий Вибе. «**Органические молекулы в космосе**». Электронный журнал «Знание-сила»
<http://www.znanie-sila.ru/?issue=onlinetv/index.php&r=1&look=1&id=28>

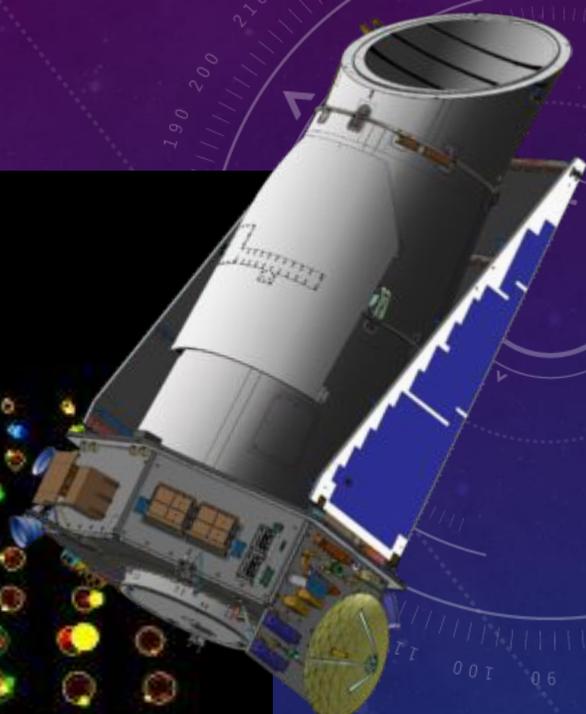
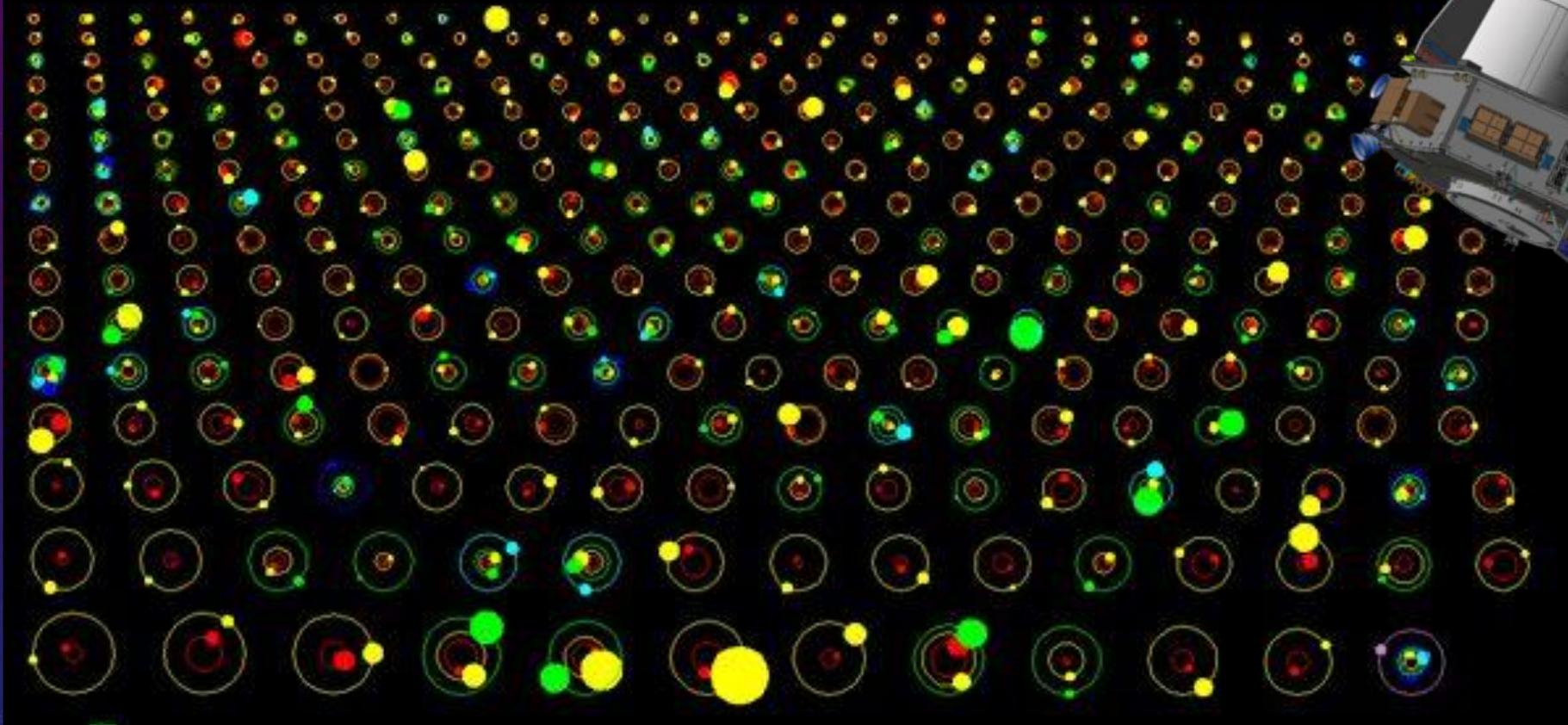
КАК ИСКАТЬ?



The Kepler Orrery II

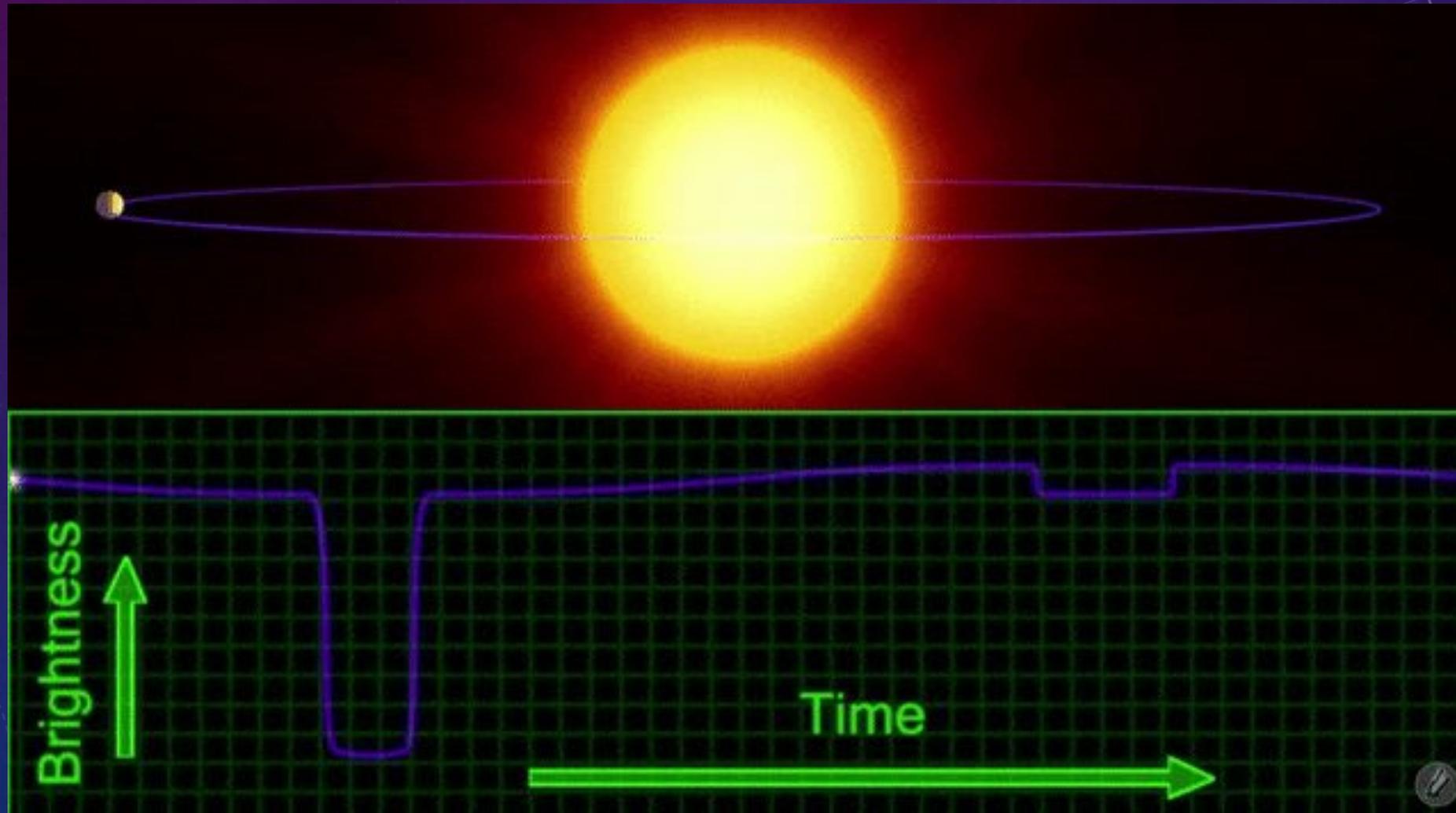
t[BJD] = 2454965

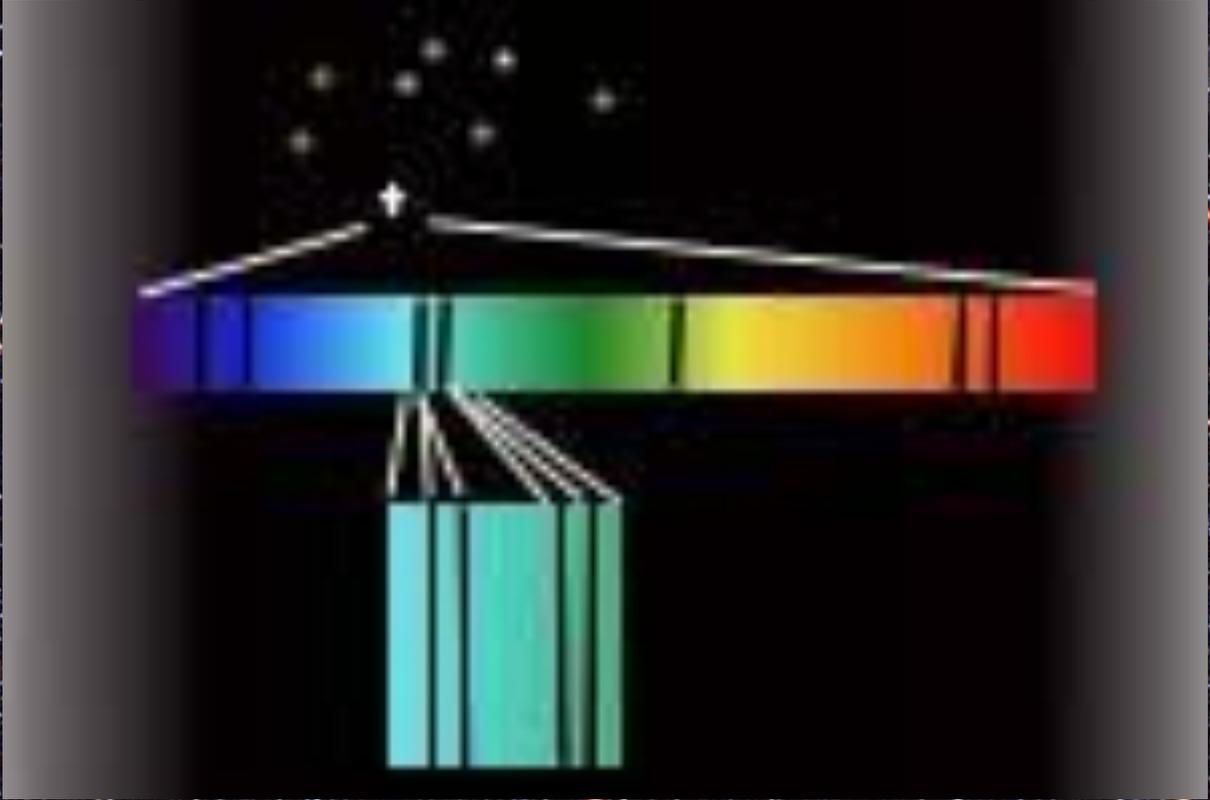
D. Fabrycky 2012

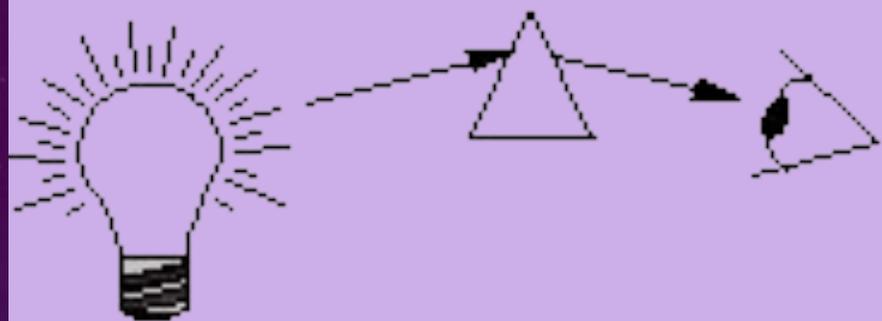


3583 планеты, в 2688 системах
на 1.02.2017

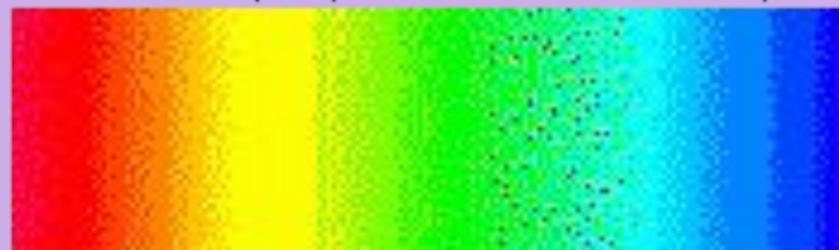
ТРАНИЗИТНЫЙ МЕТОД ОТКРЫТИЯ ЭКЗОПЛАНЕТ



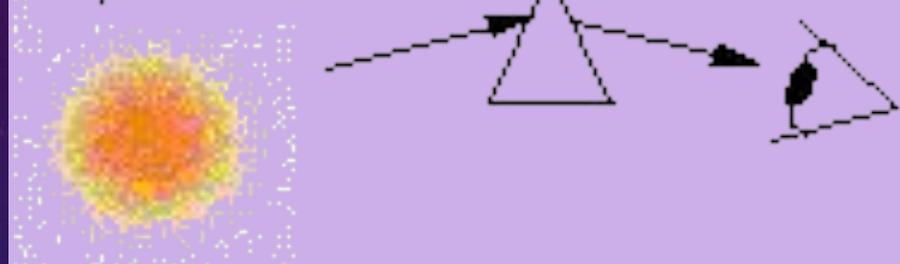




Непрерывный спектр



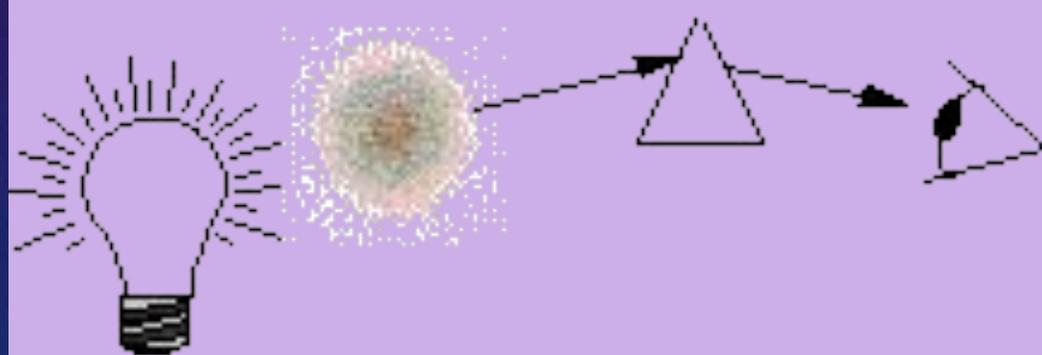
Горячий газ



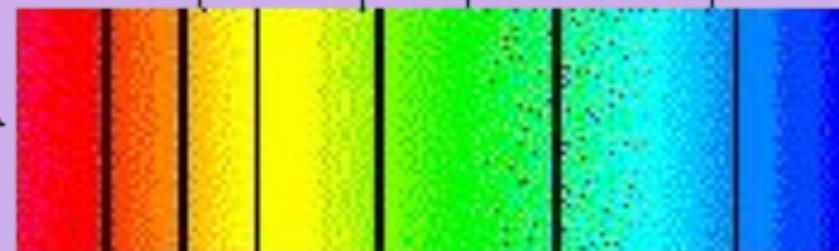
Линии излучения
(эмиссионные)



Холодный газ



Линии поглощения
(абсорбционные)





Спектр Солнца (желтая звезда)



Спектр Сириуса (белая звезда)



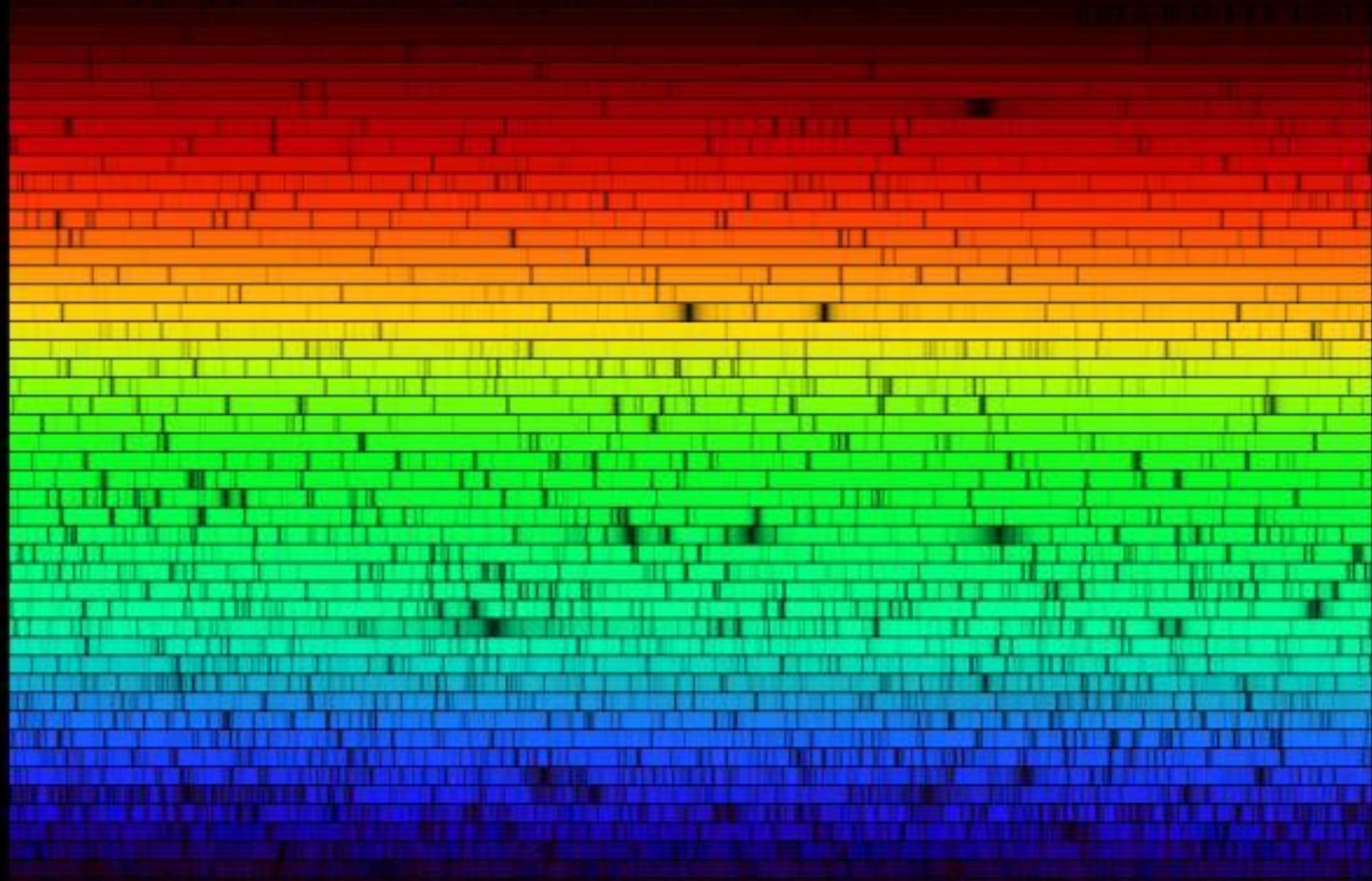
Спектр водорода

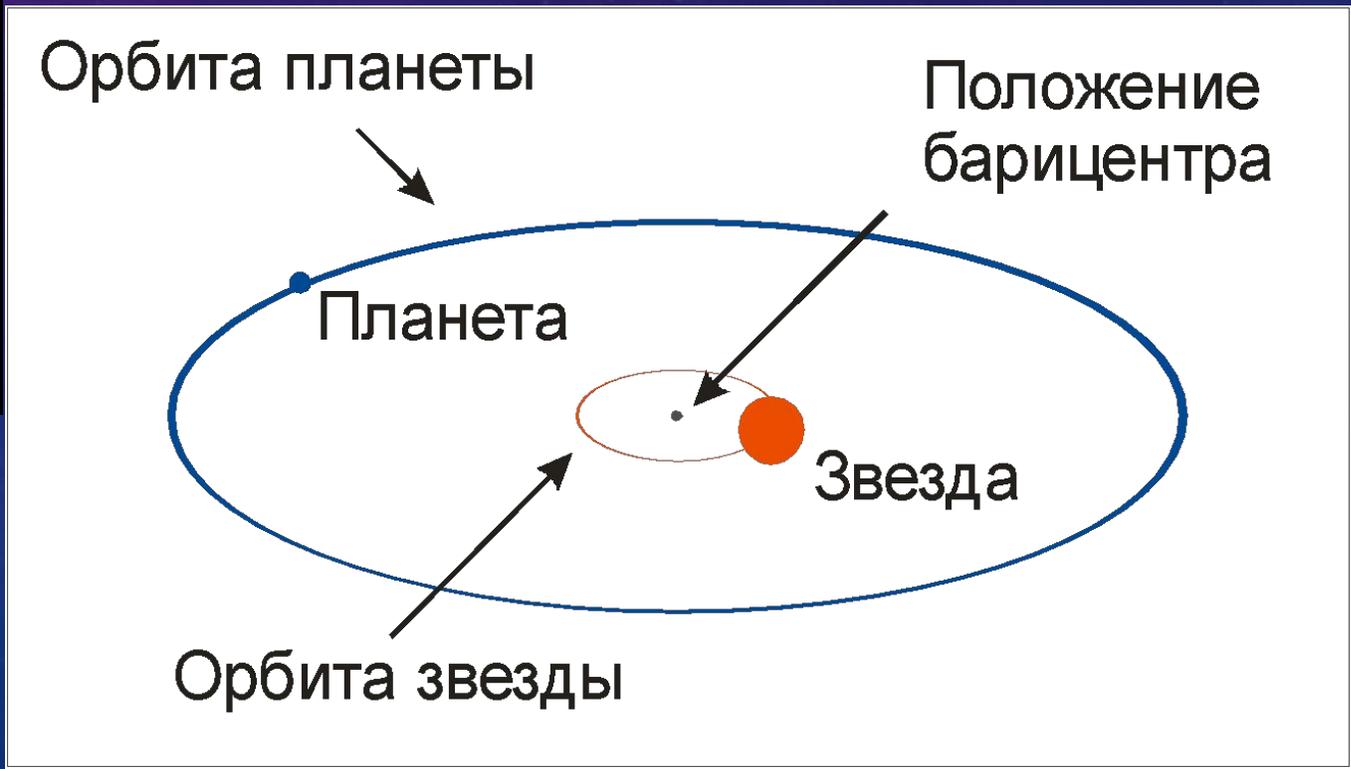
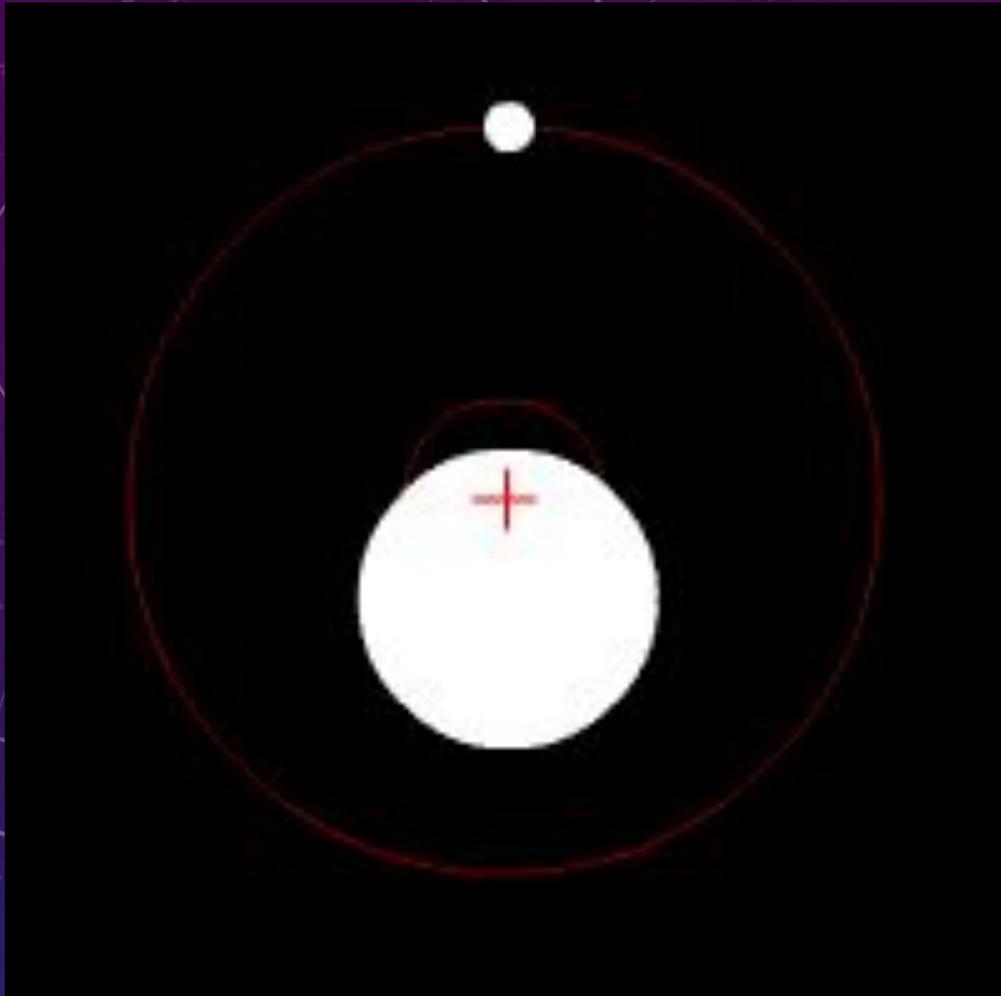


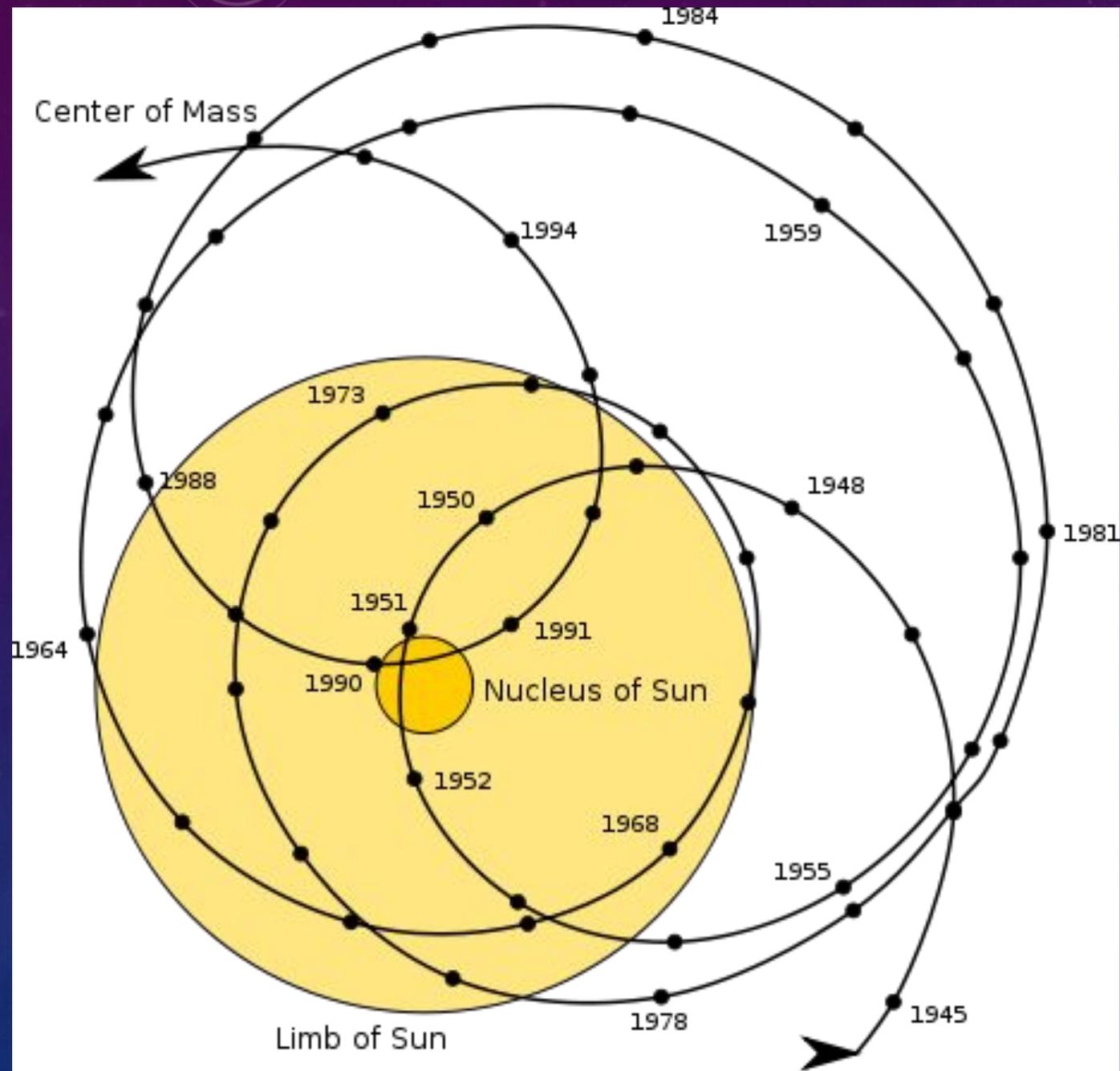
Спектр гелия

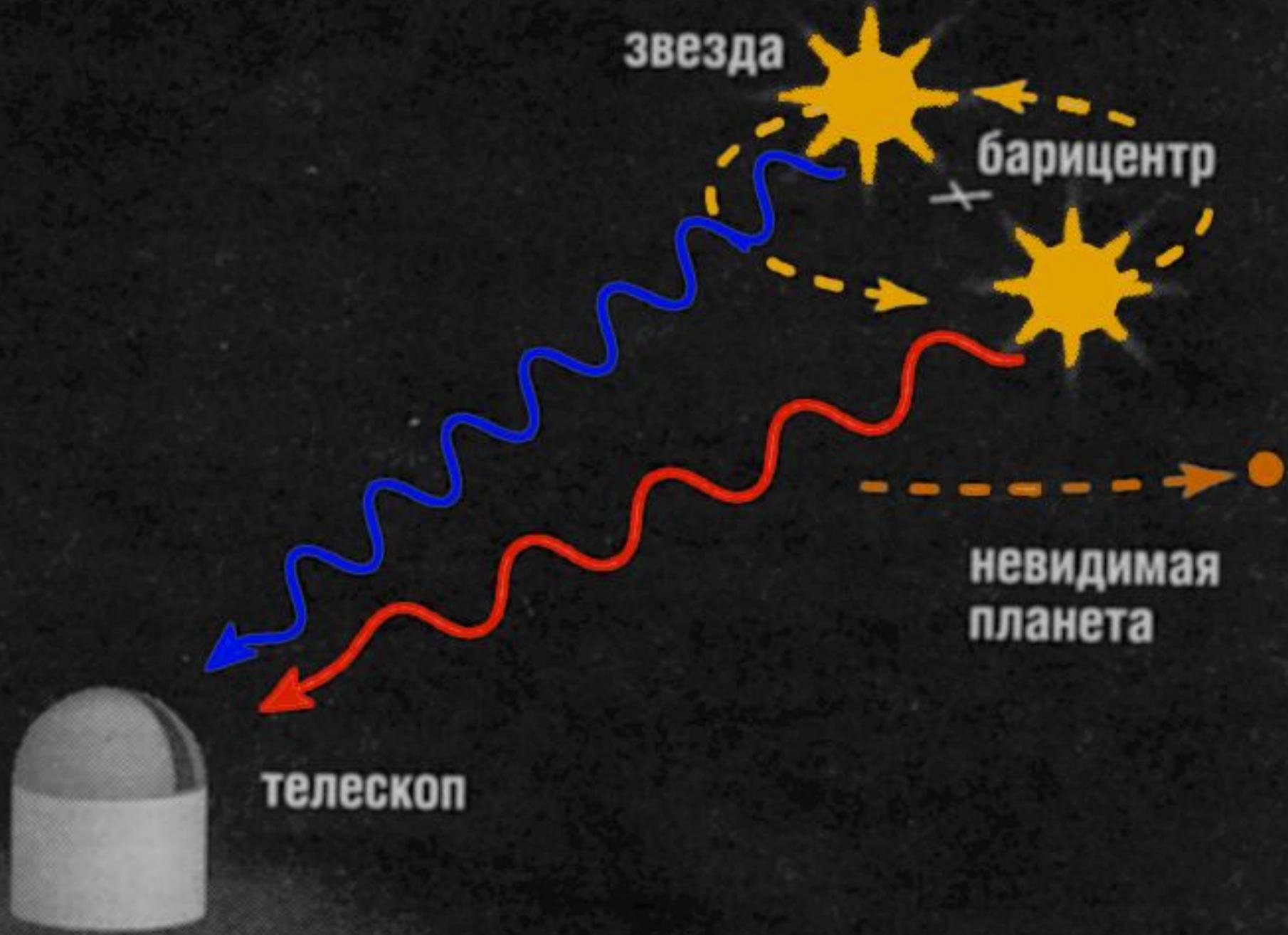
Спектры звезд:

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/spectrum010.html>









звезда

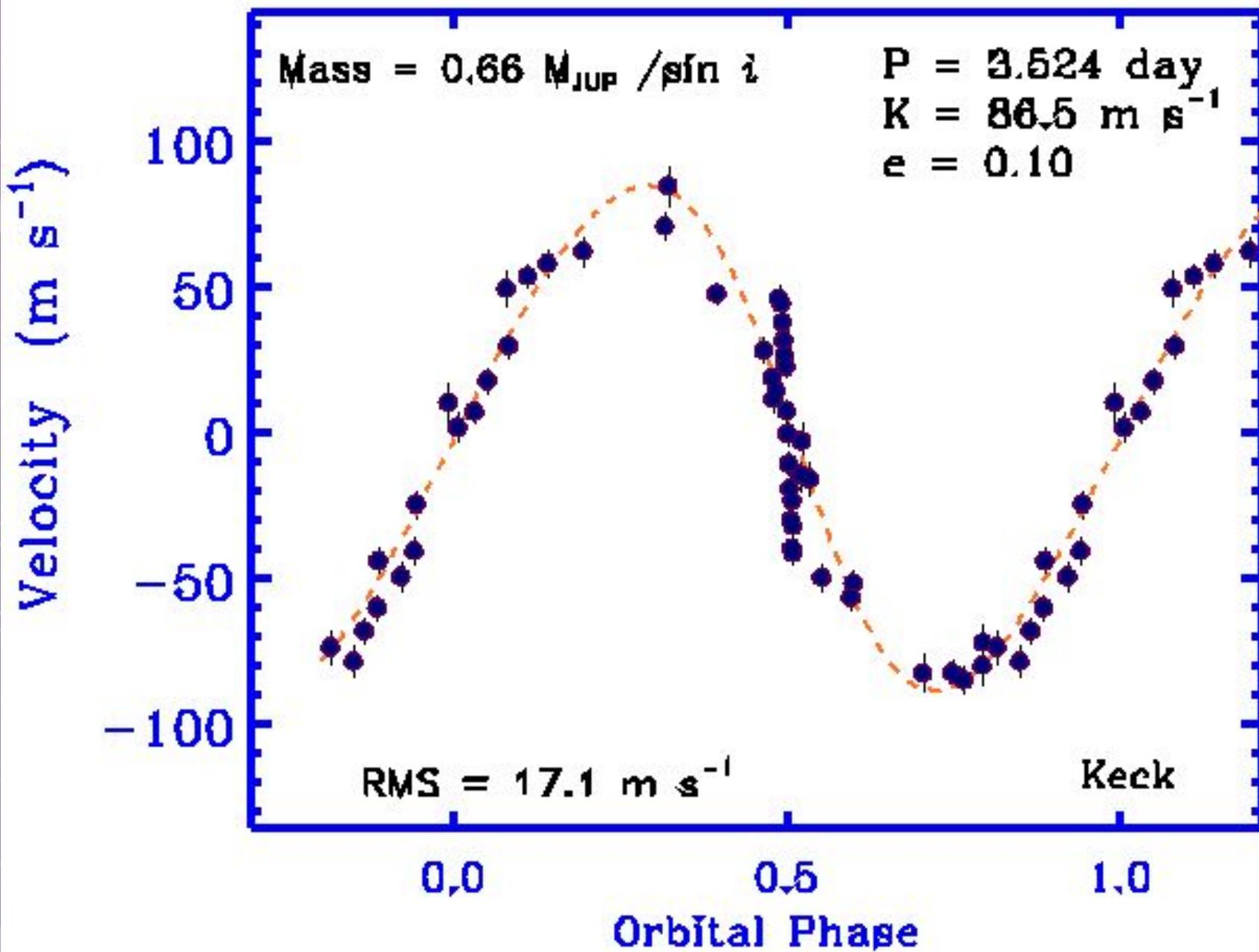
барицентр

невидимая планета

телескоп



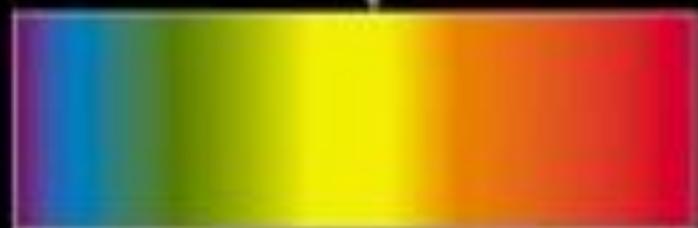
HD209458



Hot blackbody



Prism



a Continuous spectrum

Cloud of cooler gas

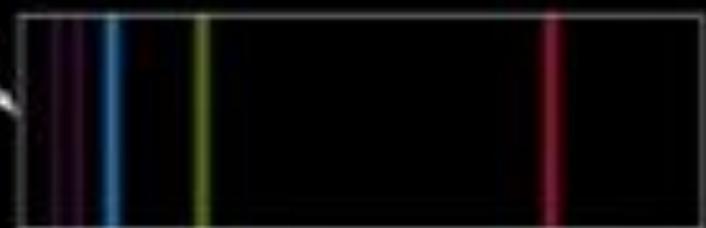
Prism



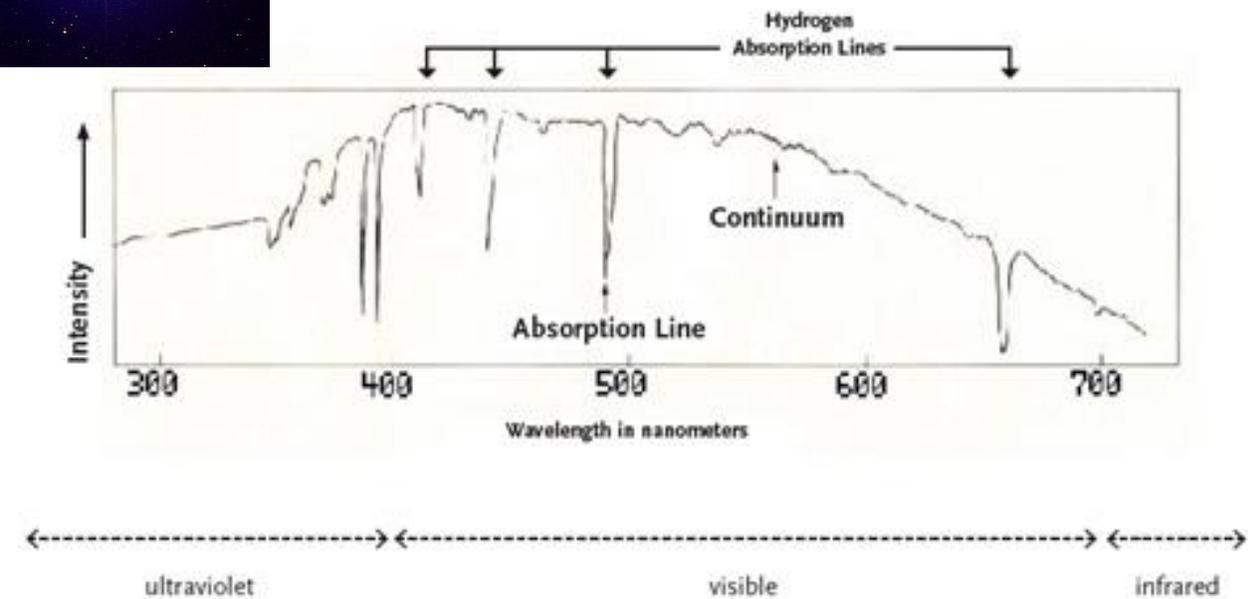
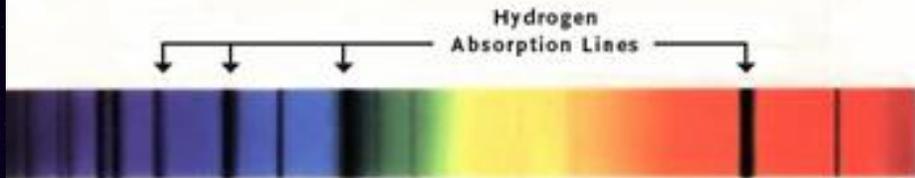
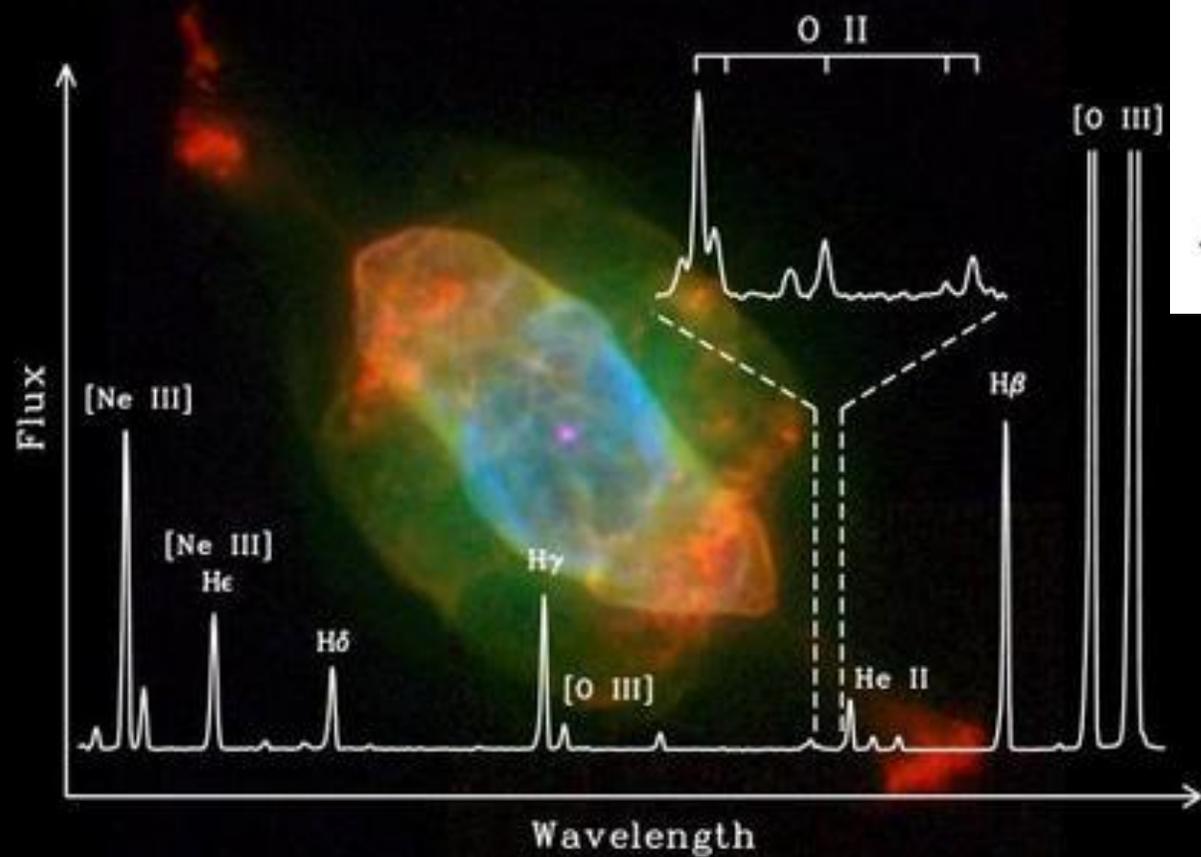
b Absorption line spectrum

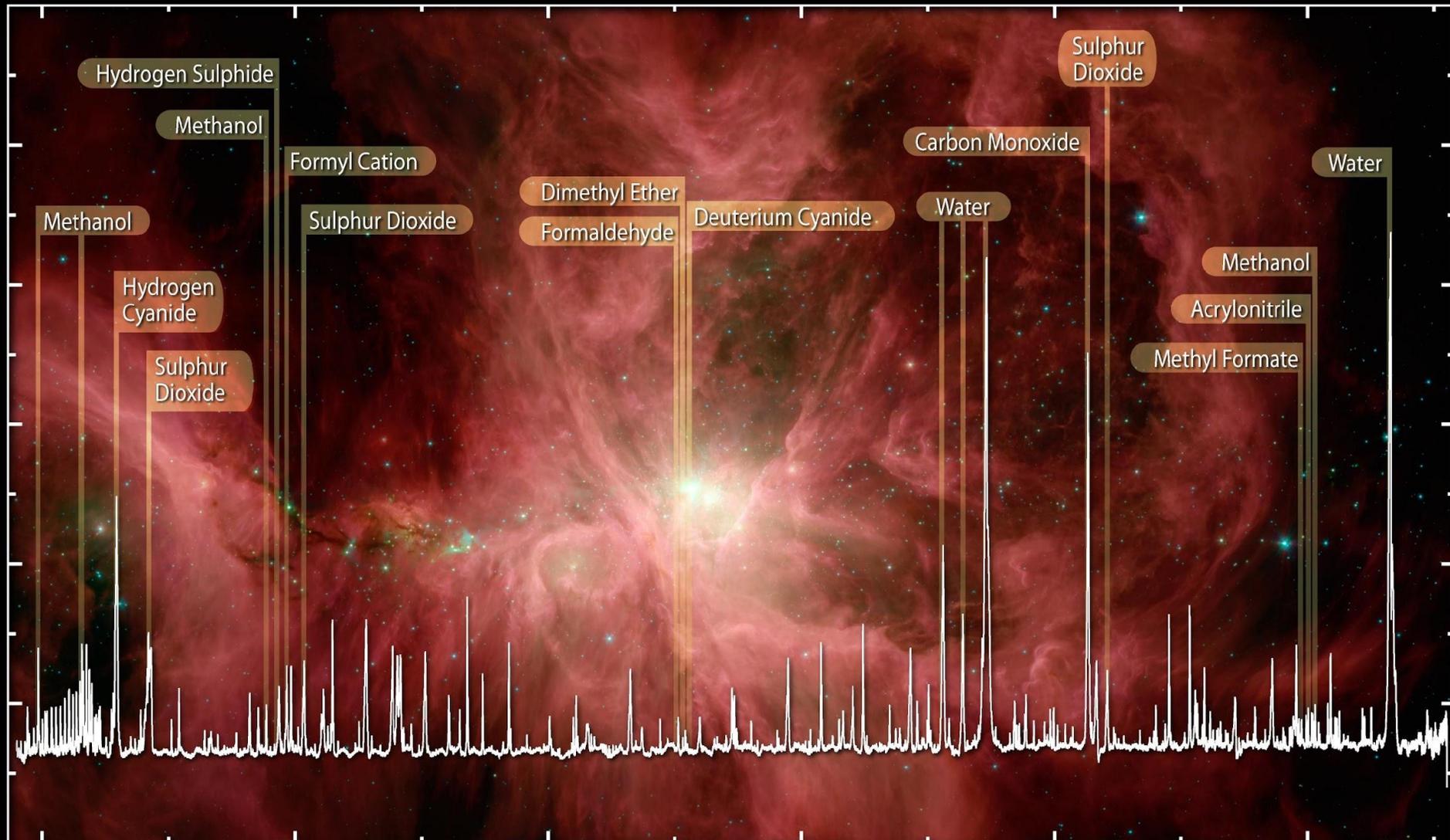


c Emission line spectrum



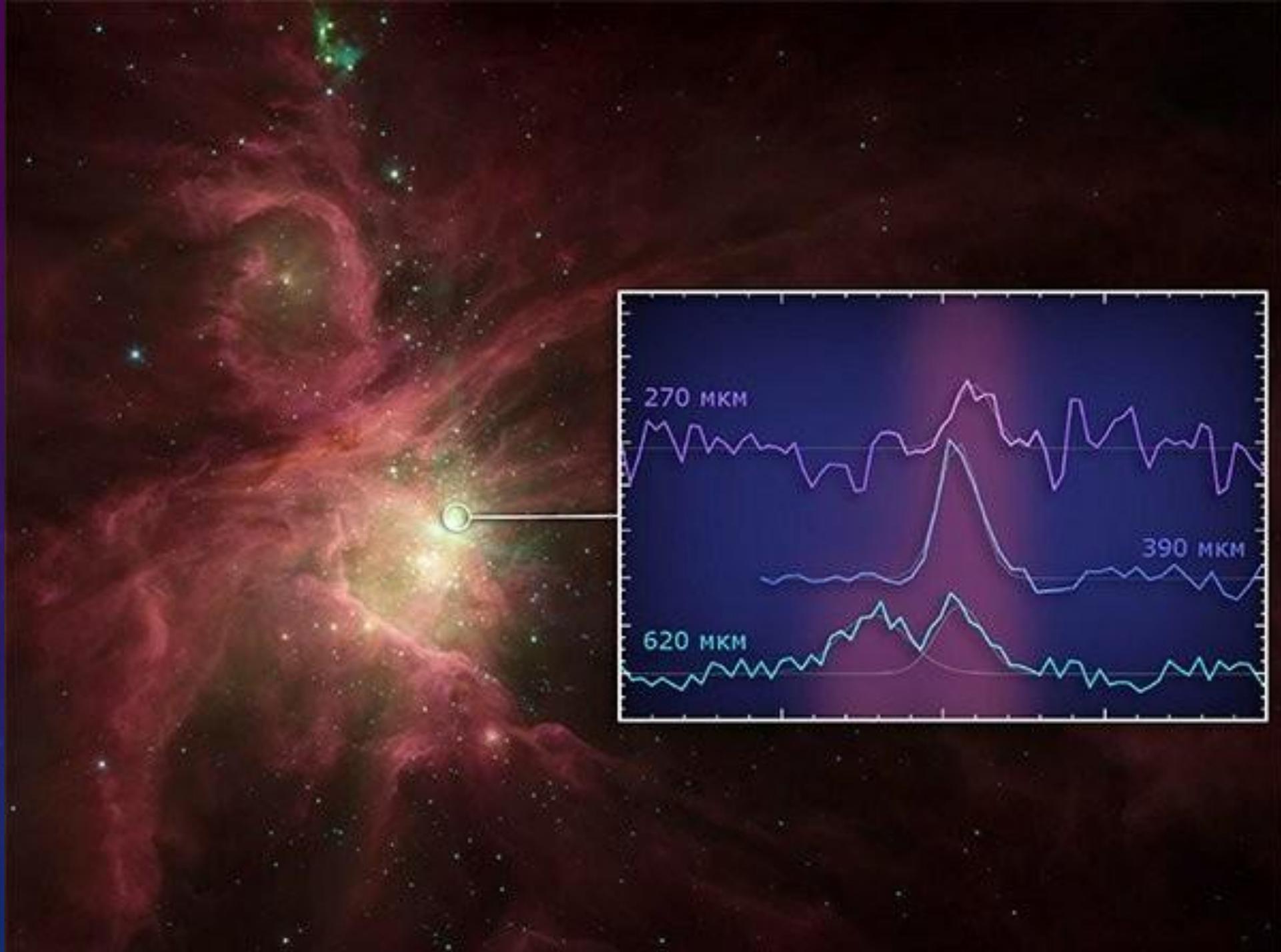
NGC 7009

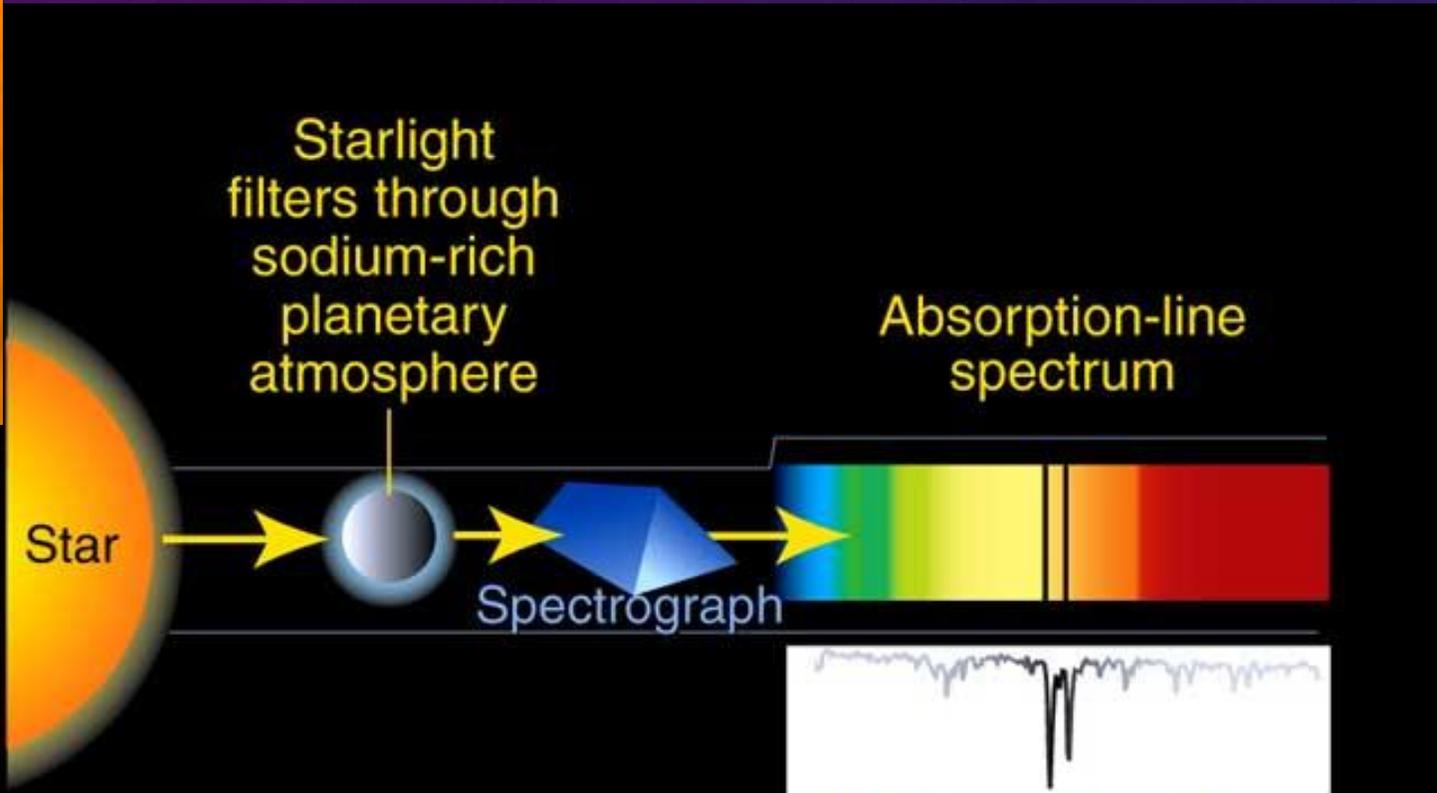
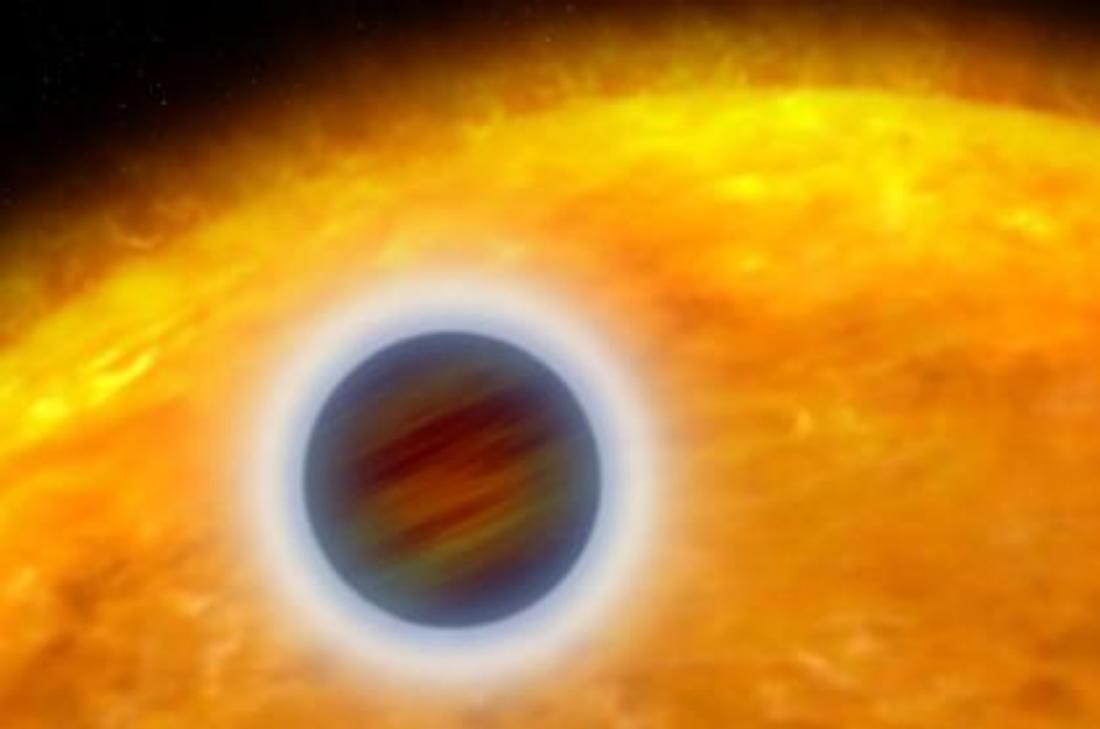




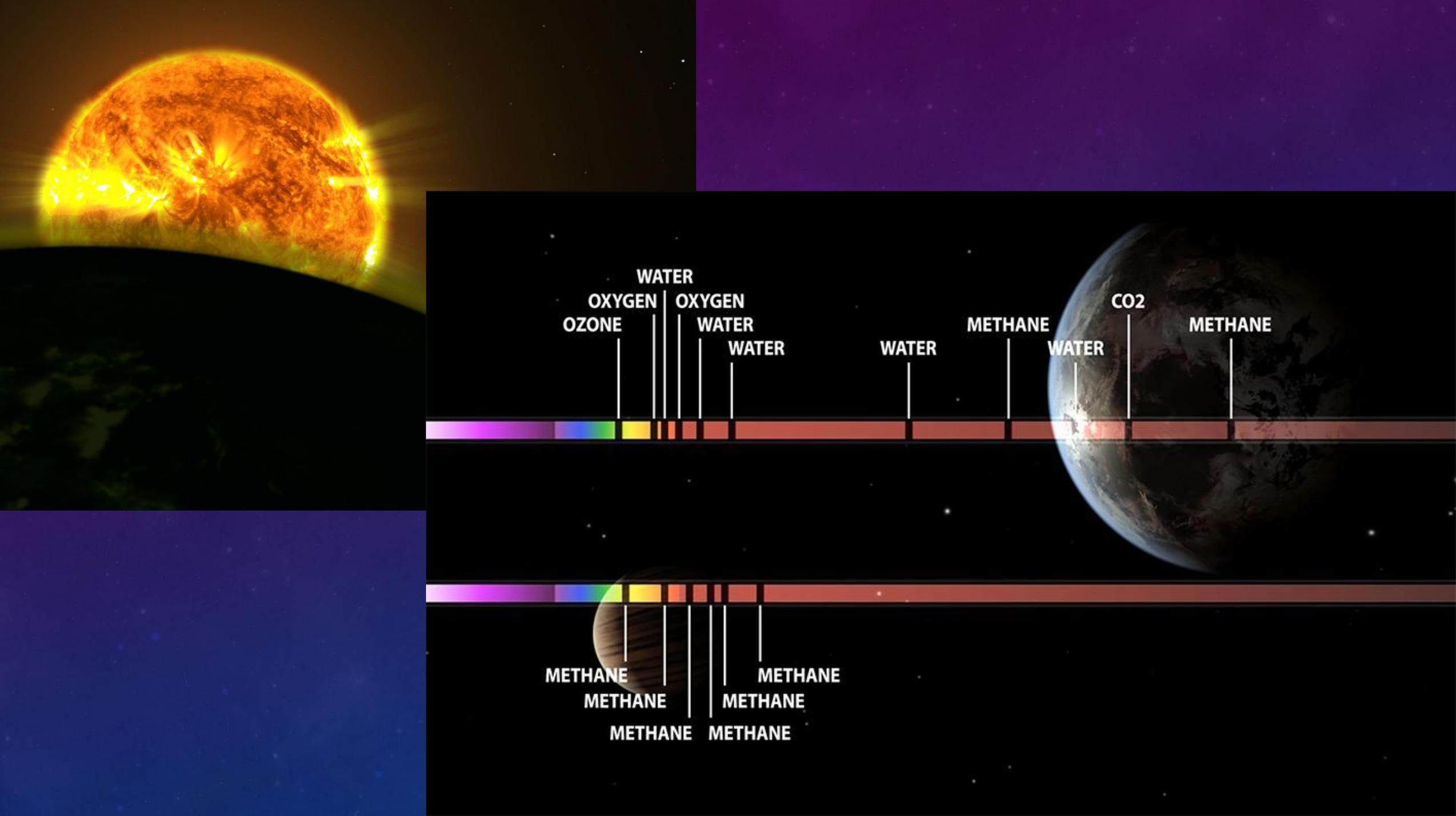
HIFI Spectrum of Water and
Organics in the Orion Nebula

© ESA, HEXOS and the HIFI consortium
E. Bergin



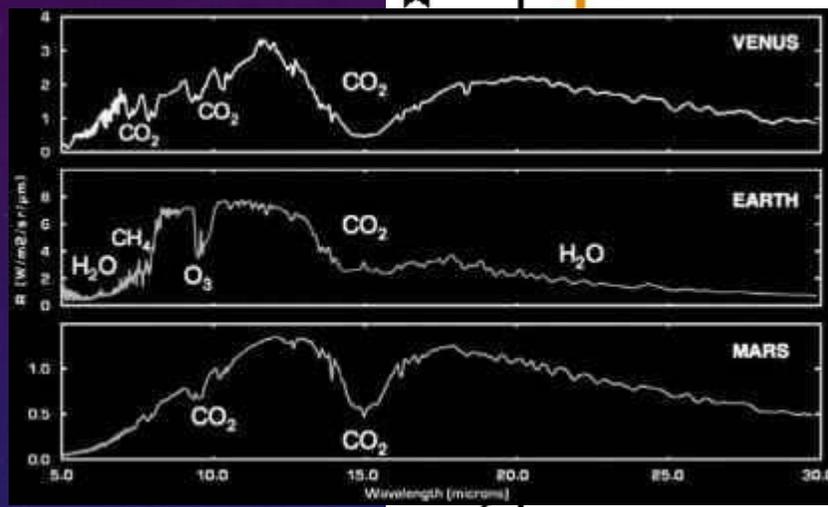
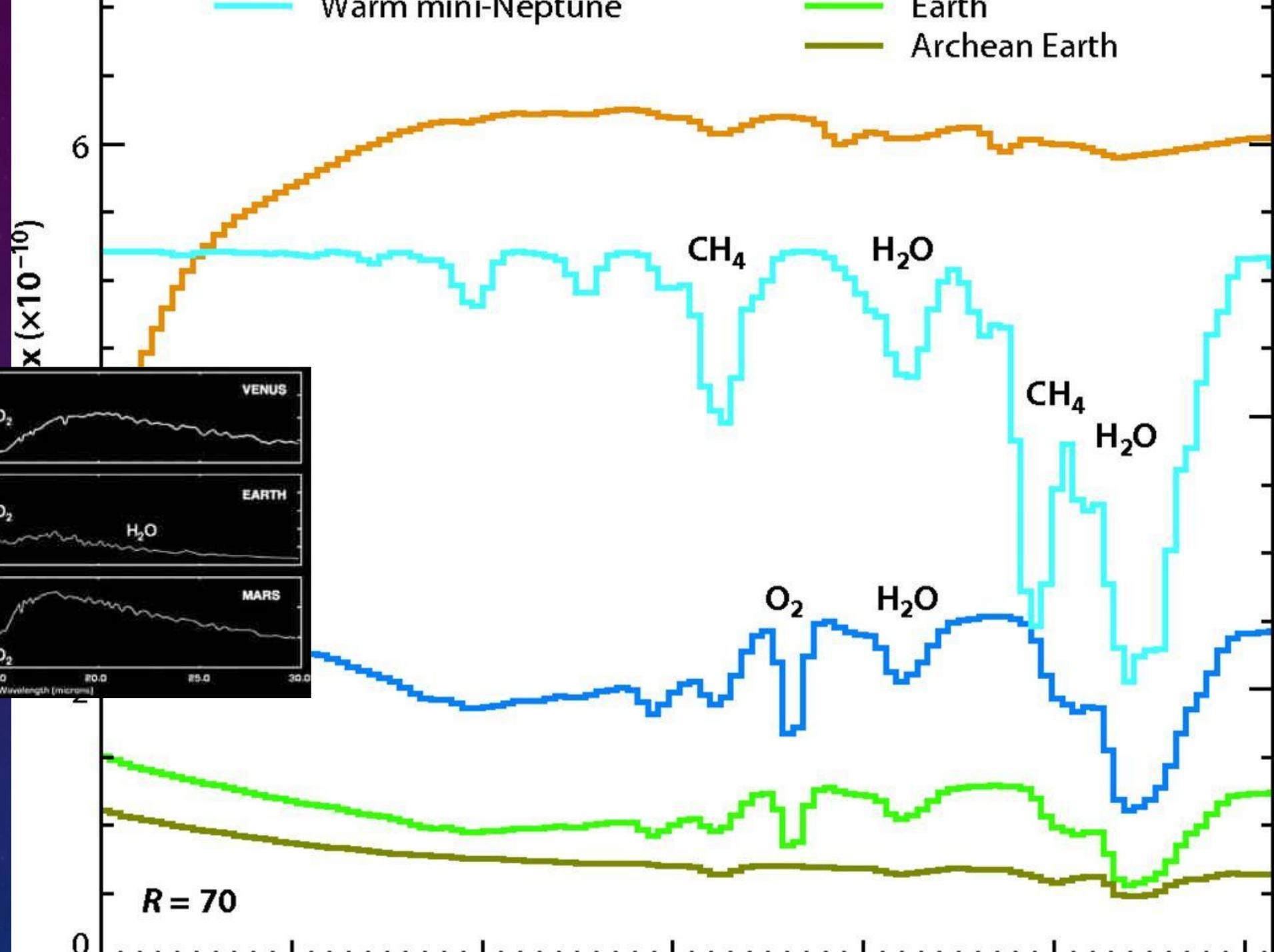


Sodium absorption in star's spectrum is enhanced by sodium in planet's atmosphere



OZONE
OXYGEN
WATER
OXYGEN
WATER
WATER
WATER
METHANE
WATER
CO2
METHANE

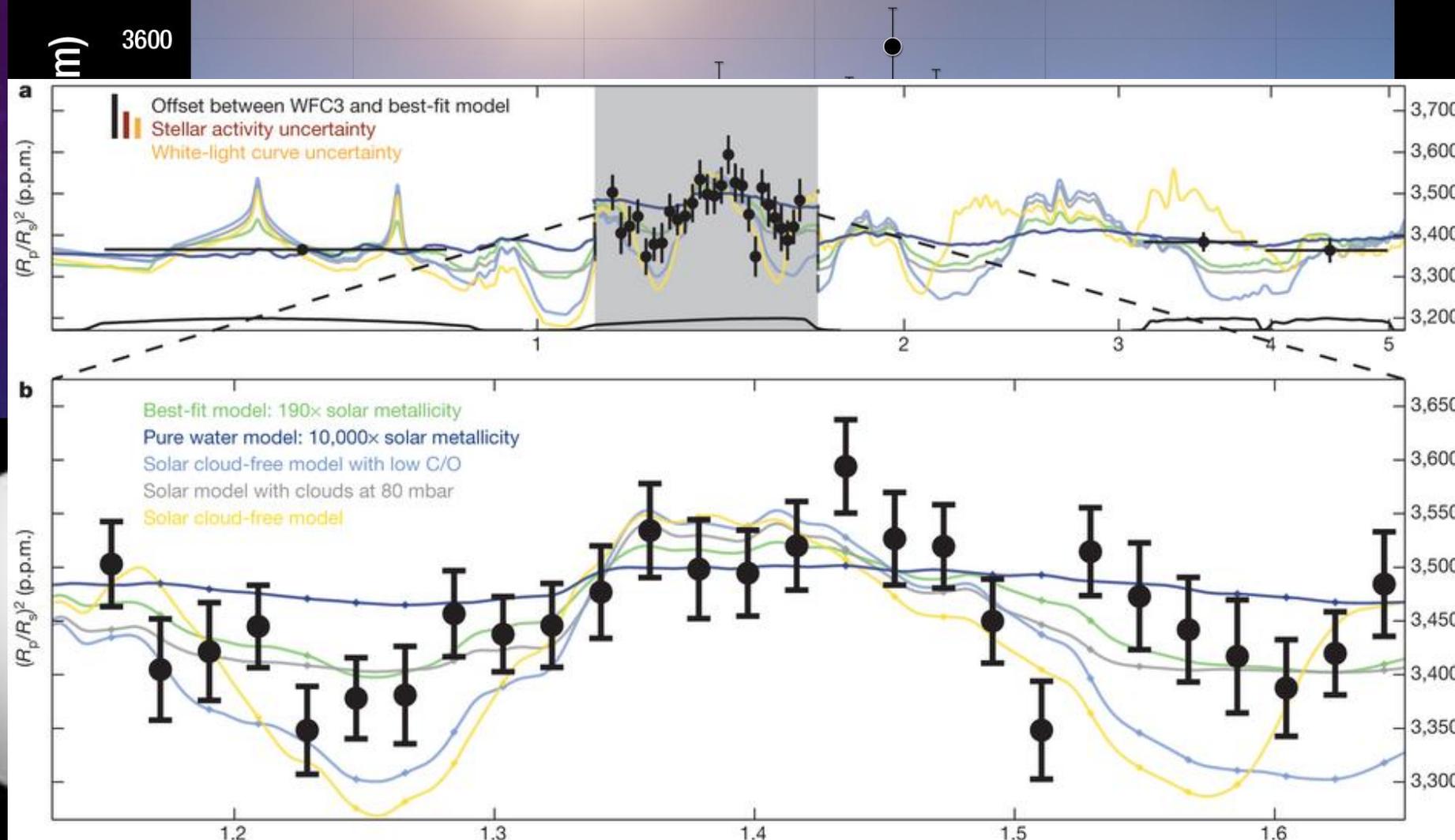
METHANE
METHANE
METHANE
METHANE
METHANE



HAT-P-11B

Transmission Spectrum of HAT-P-11b

- Best-fit model
- Pure-water model
- Cloud-free model
- Data



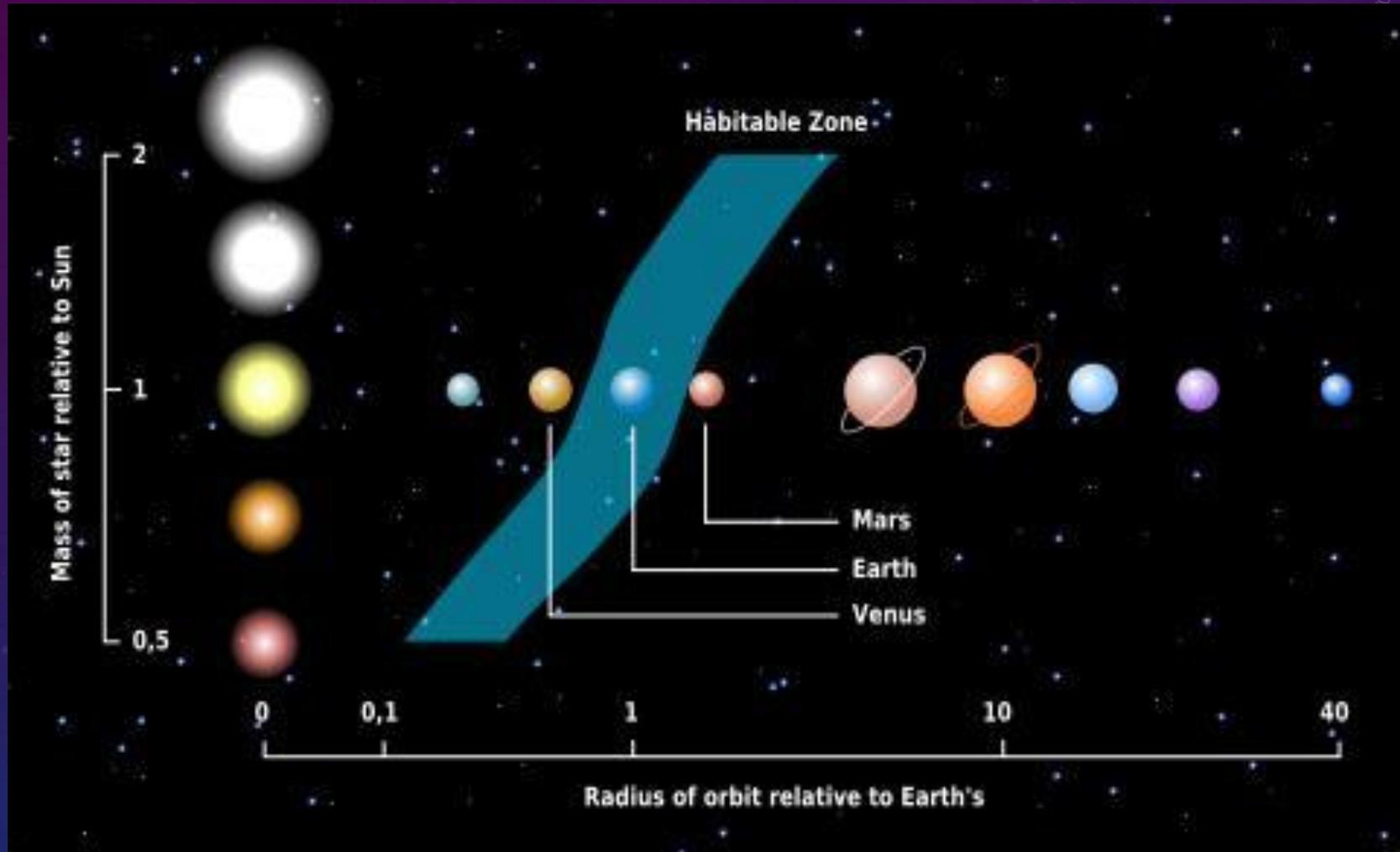
ГДЕ ИСКАТЬ?

Возможные критерии

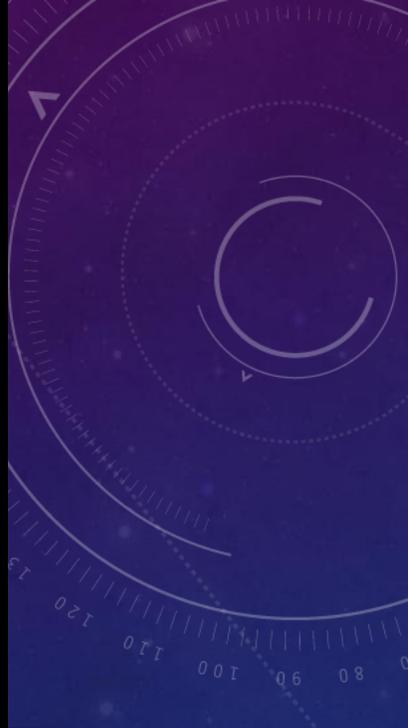
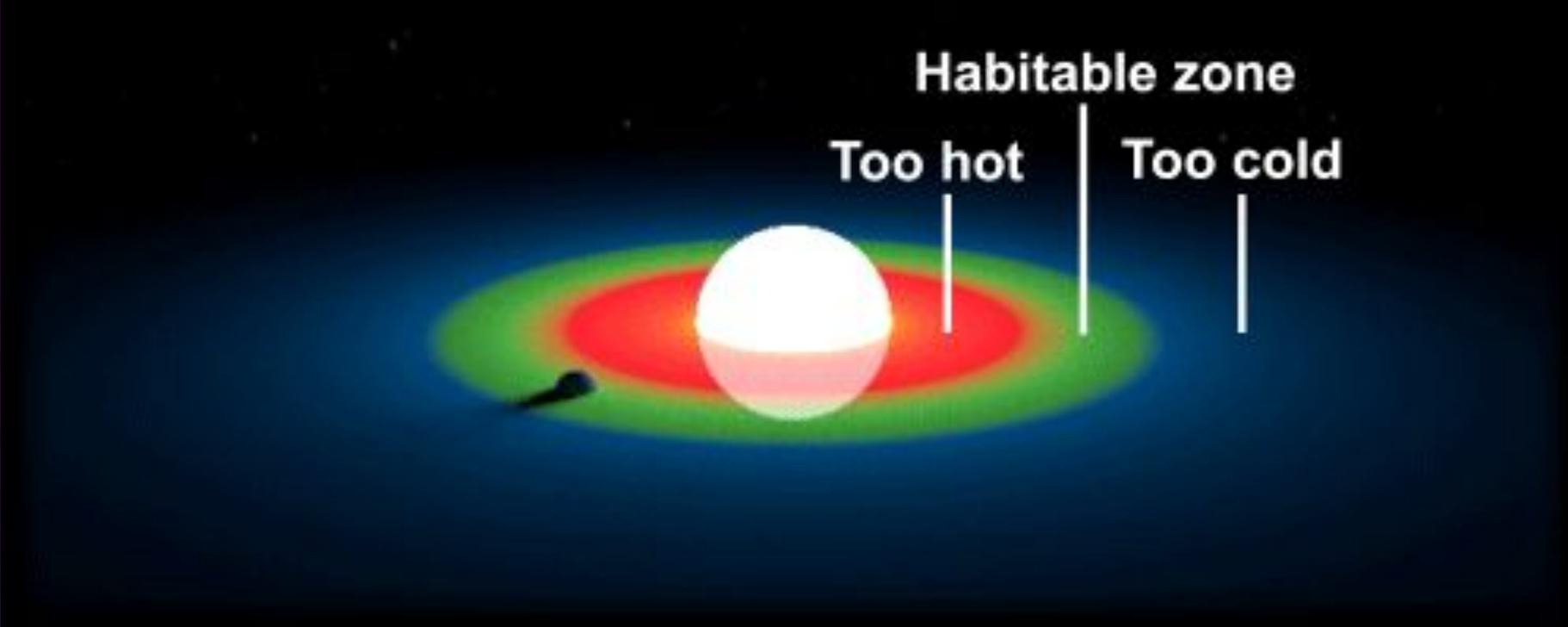
- Диапазон температур
- Наличие кислорода
- Наличие воды



ЖИЗНЕПРИГОДНЫЕ ЭКЗОПЛАНЕТЫ



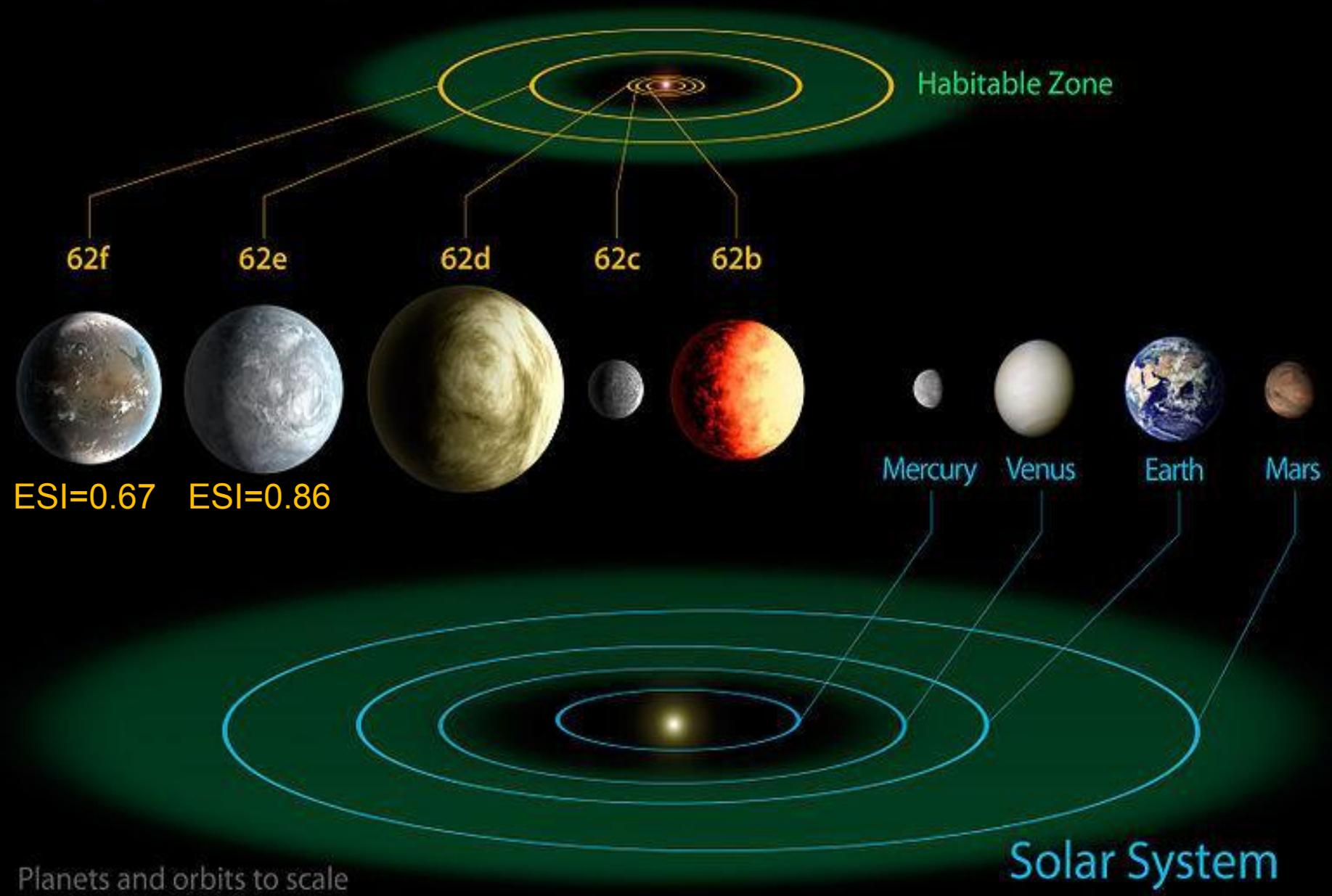
Что происходит с планетой в зоне жизни по ходу эволюции звезды:
<http://astro.unl.edu/naap/habitablezones/animations/stellarHabitableZone.html>



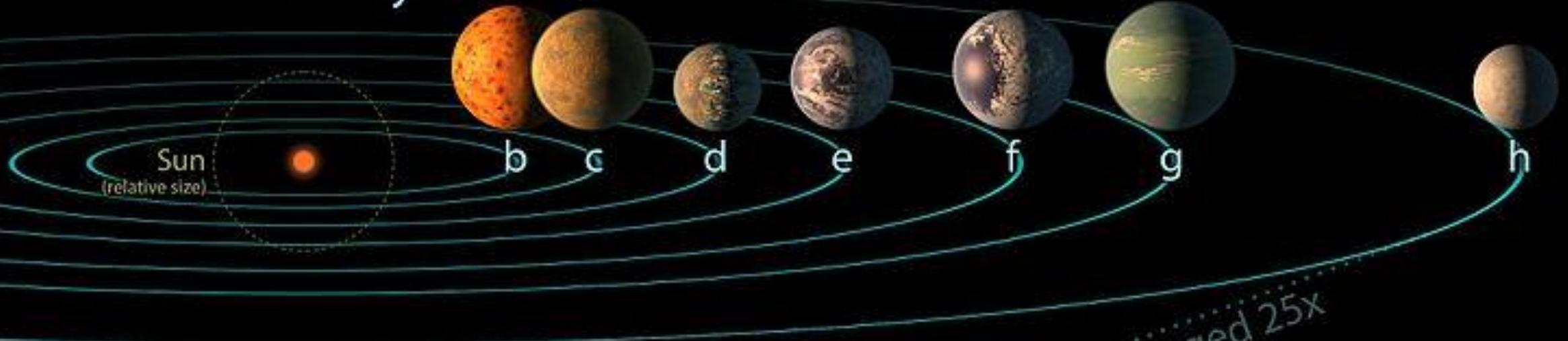
$$\frac{d}{d_3} = \frac{L}{L_C}$$



Kepler-62 System



TRAPPIST-1 System



Inner Solar System

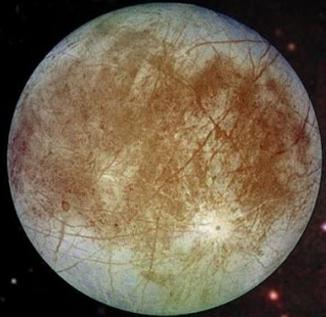


1 a.

e



Ио



Европа

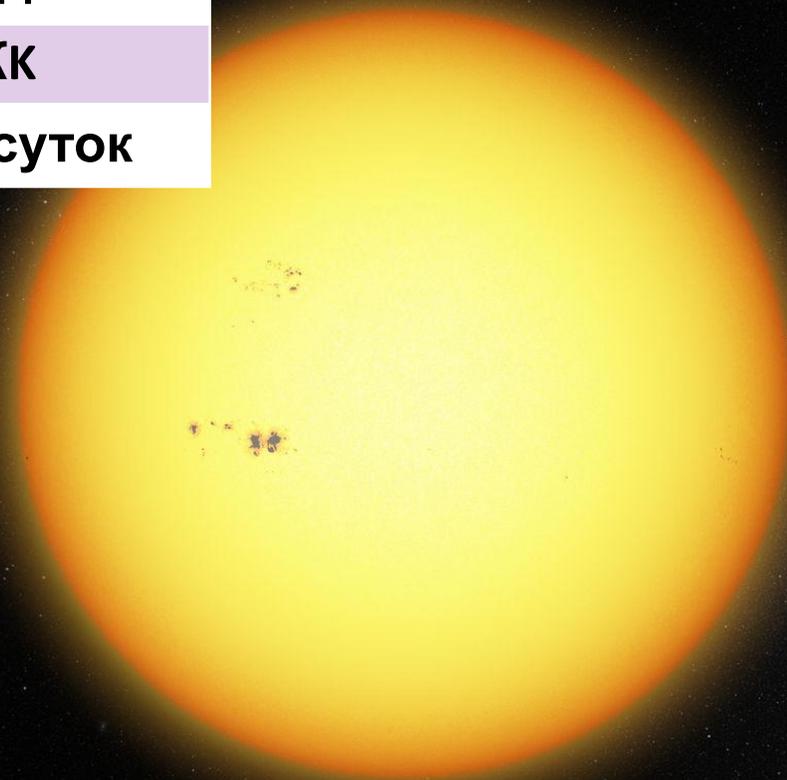


Каллисто



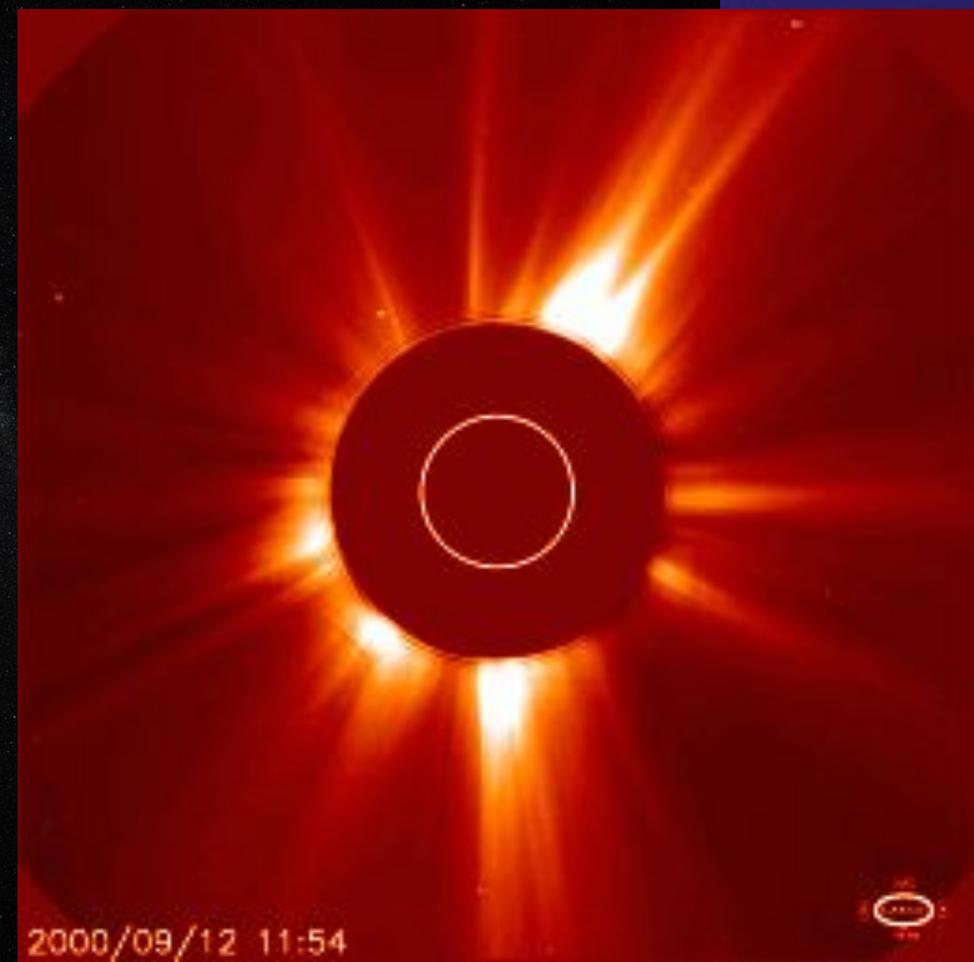
Ганимед

Возраст	5 млрд лет
Температура	5778 КК
Вращение	25,38 суток



Sun

Масса	$0,0802 \pm 0,0073 M_{\odot}$
Радиус	$0,117 \pm 0,0036 R_{\odot}$
Возраст	3-8 млрд лет
Температура	2559 ± 50 К
Вращение	$3,30 \pm 0,14$ суток

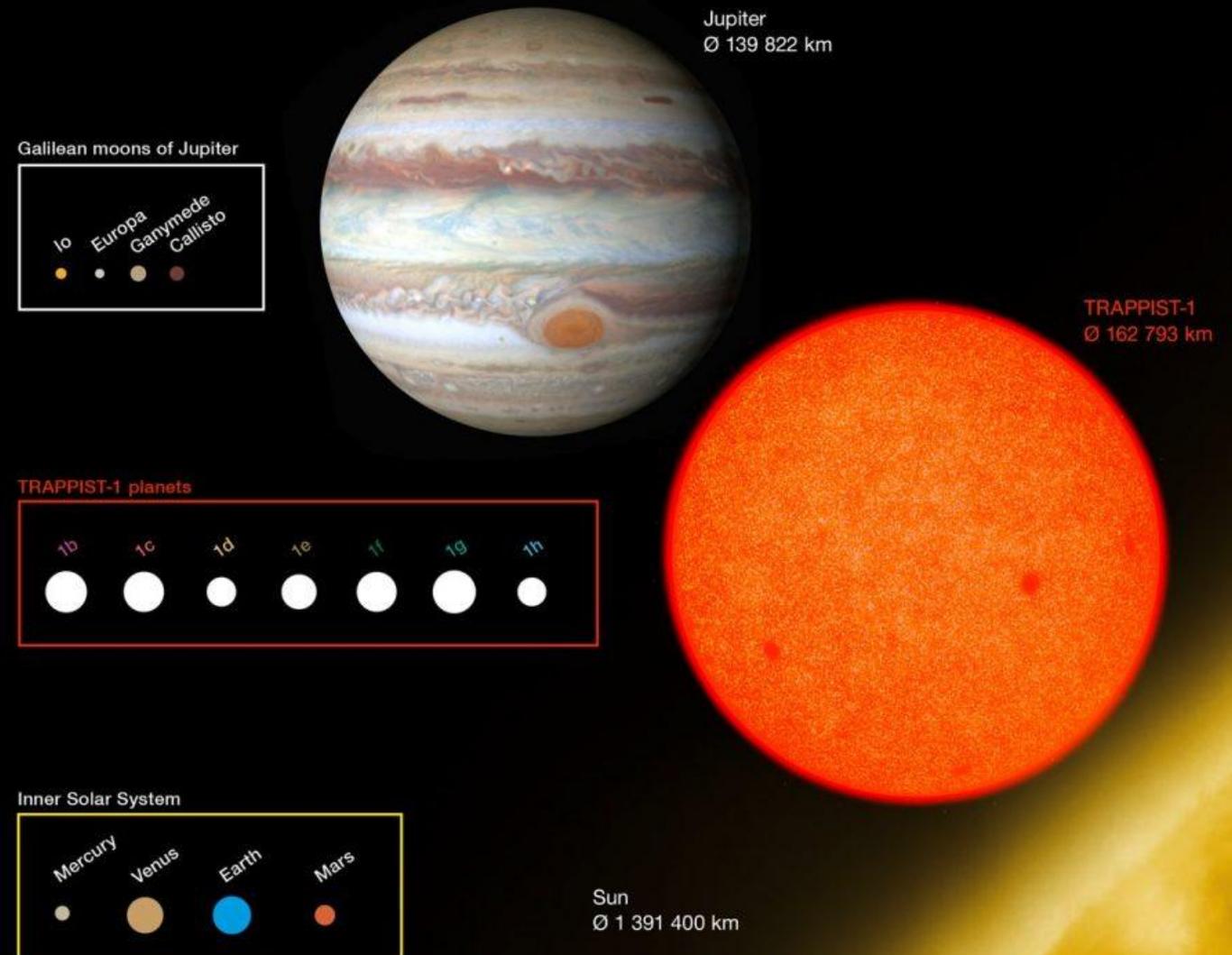


2000/09/12 11:54

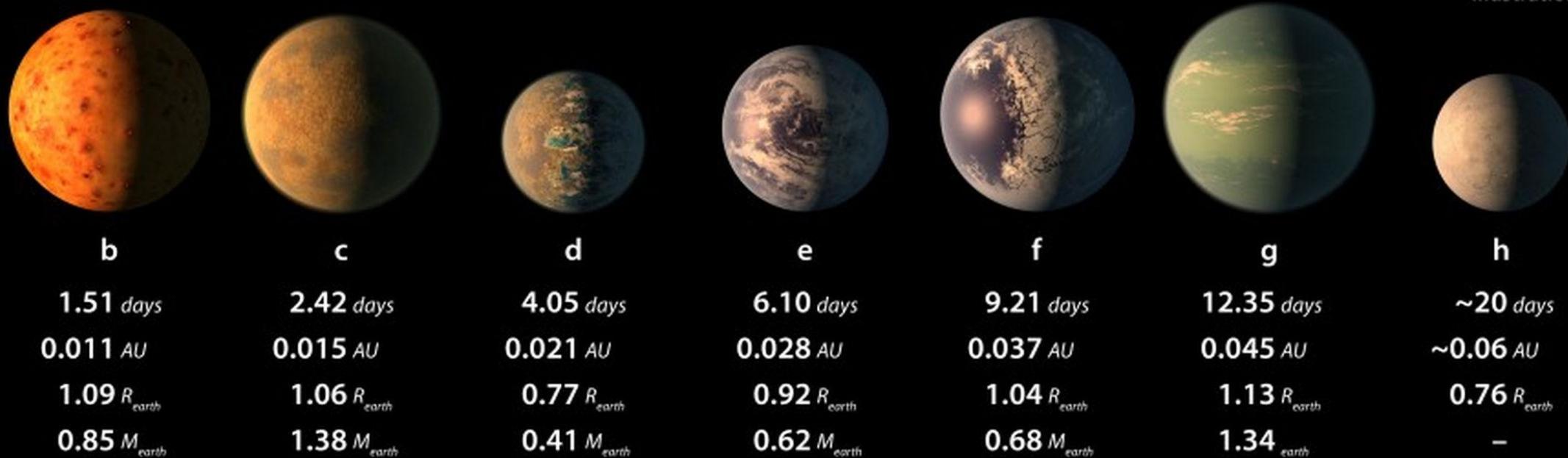
Size Comparison

between TRAPPIST-1 system, Galilean moons of Jupiter and the inner Solar System

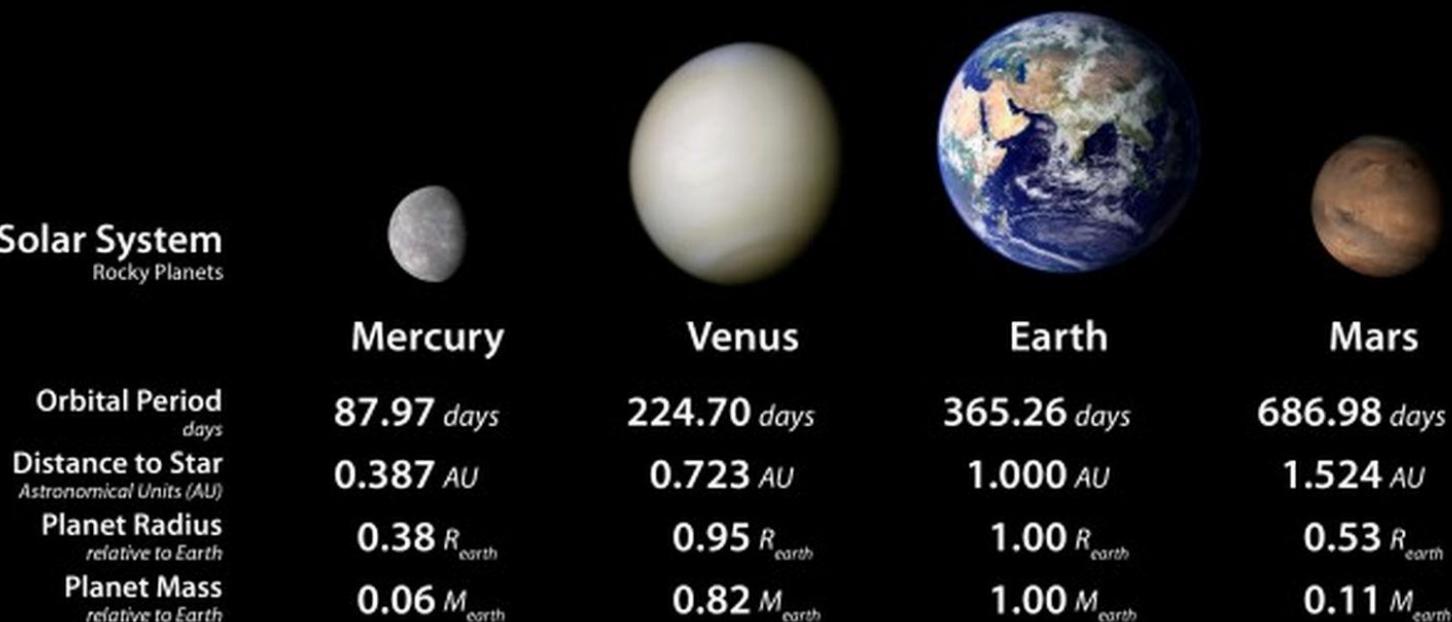
- Звезда TRAPPIST-1 на 11% больше Юпитера.
- При этом её масса равна почти 84 массам Юпитера.



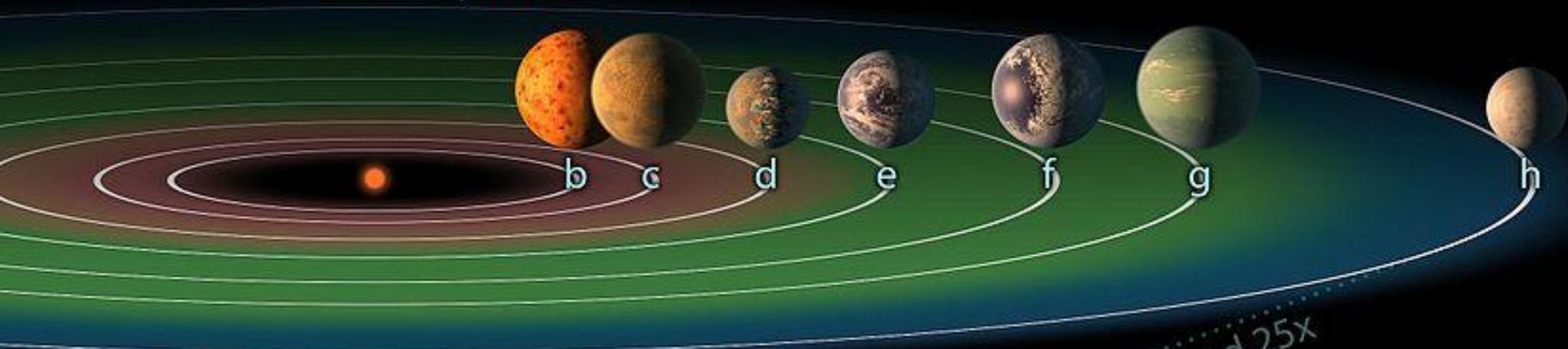
TRAPPIST-1 System



Solar System Rocky Planets

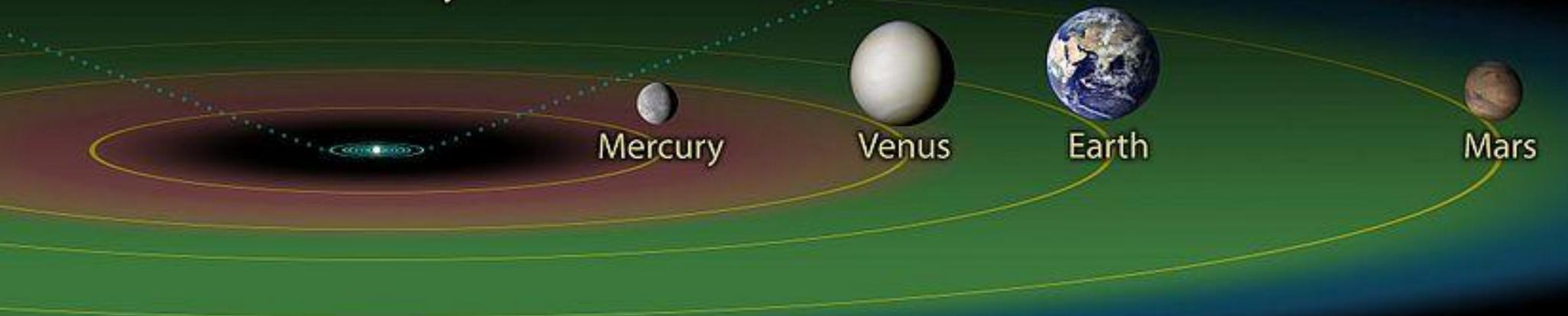


TRAPPIST-1 System



Enlarged 25x

Inner Solar System



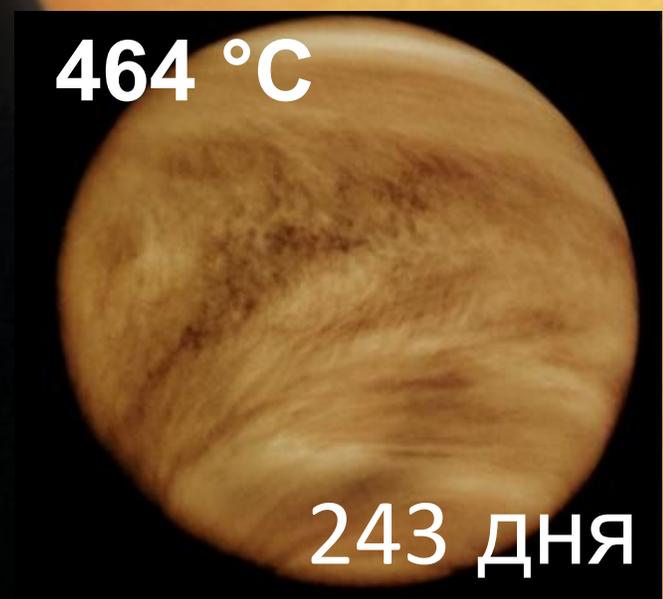
Mercury



Temperature can reach **800°C** in the daytime and drop to **-180°C** at night.



Mean radius: 2,439.7 km
Number of moons: 0
One day: 59 Earth days
One year: 88 Earth days



464 °C

243 ДНЯ



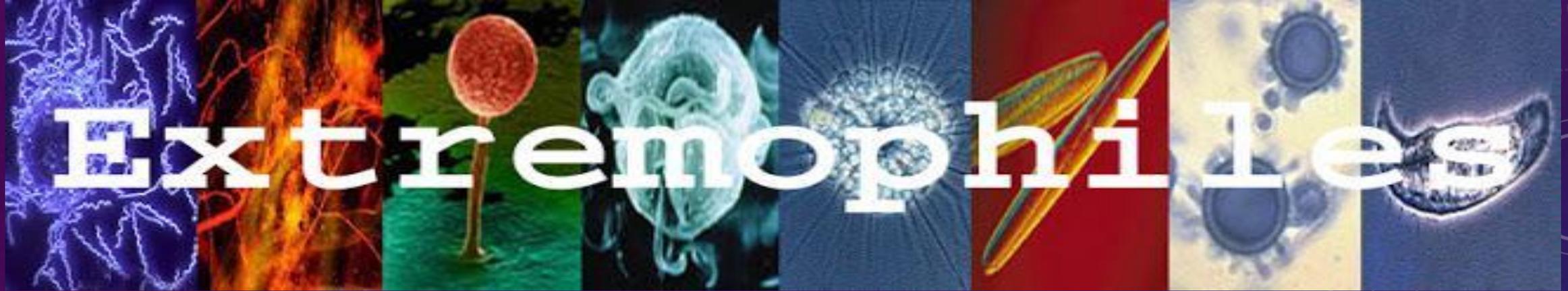




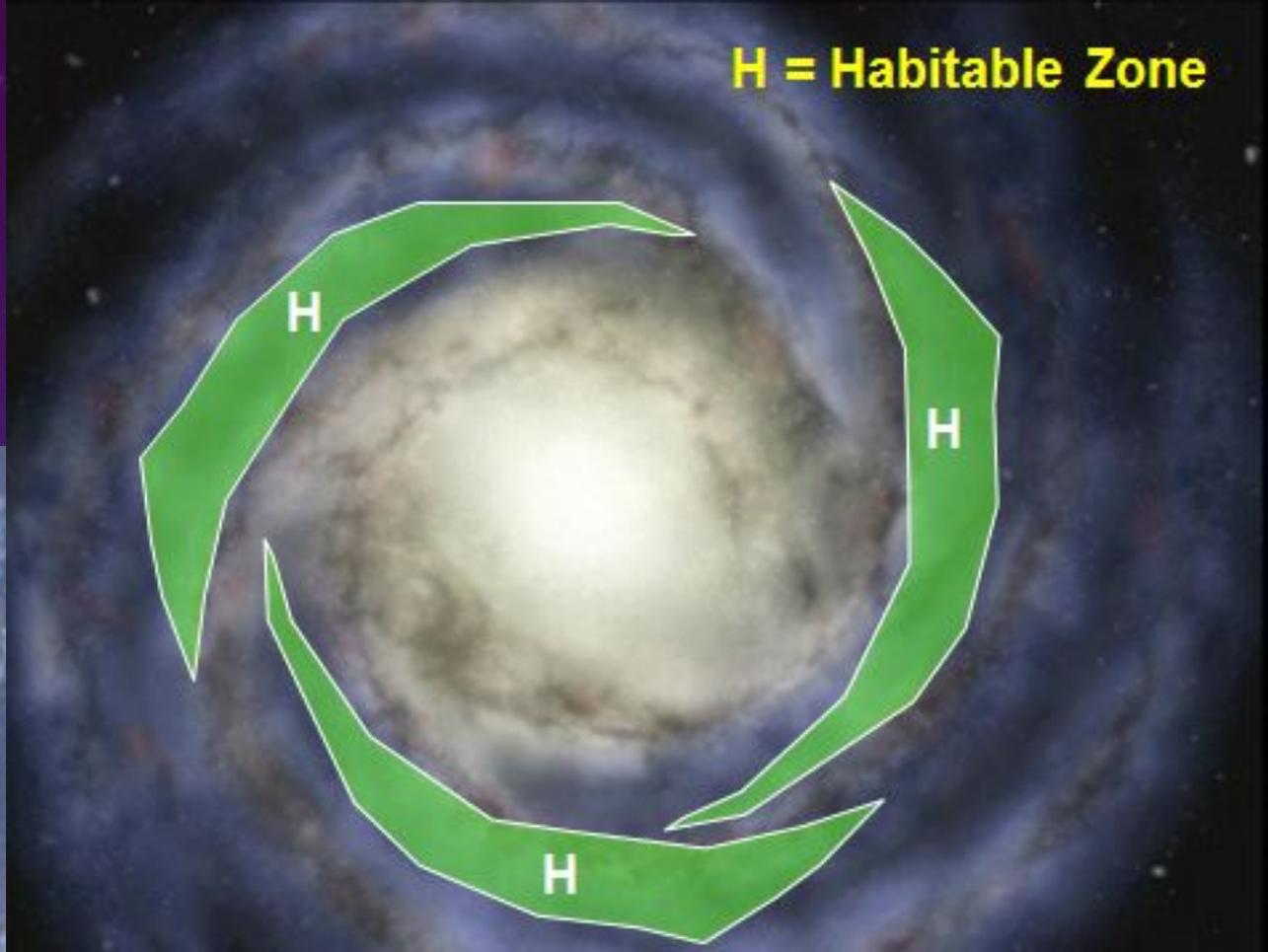
ЭКСТРЕМОФИЛЫ

- **Термофил** — организм, процветающий при температурах 45-122 °С.
- **Психрофил/криофил** — организм, способный на выживание, рост или размножение при температуре 10 °С и ниже в течение длительного периода; распространены в холодных почвах, вечной мерзлоте, полярном льду, холодной морской воде, или на/под альпийским снежным покровом.
- **Ксерофил** — организм, который может расти в очень сухих, обезвоженных условиях; почвенные микробы в пустыне Атакама служат примером данному типу.
- **Анаэроб** — организм, которому не требуется кислород для роста.





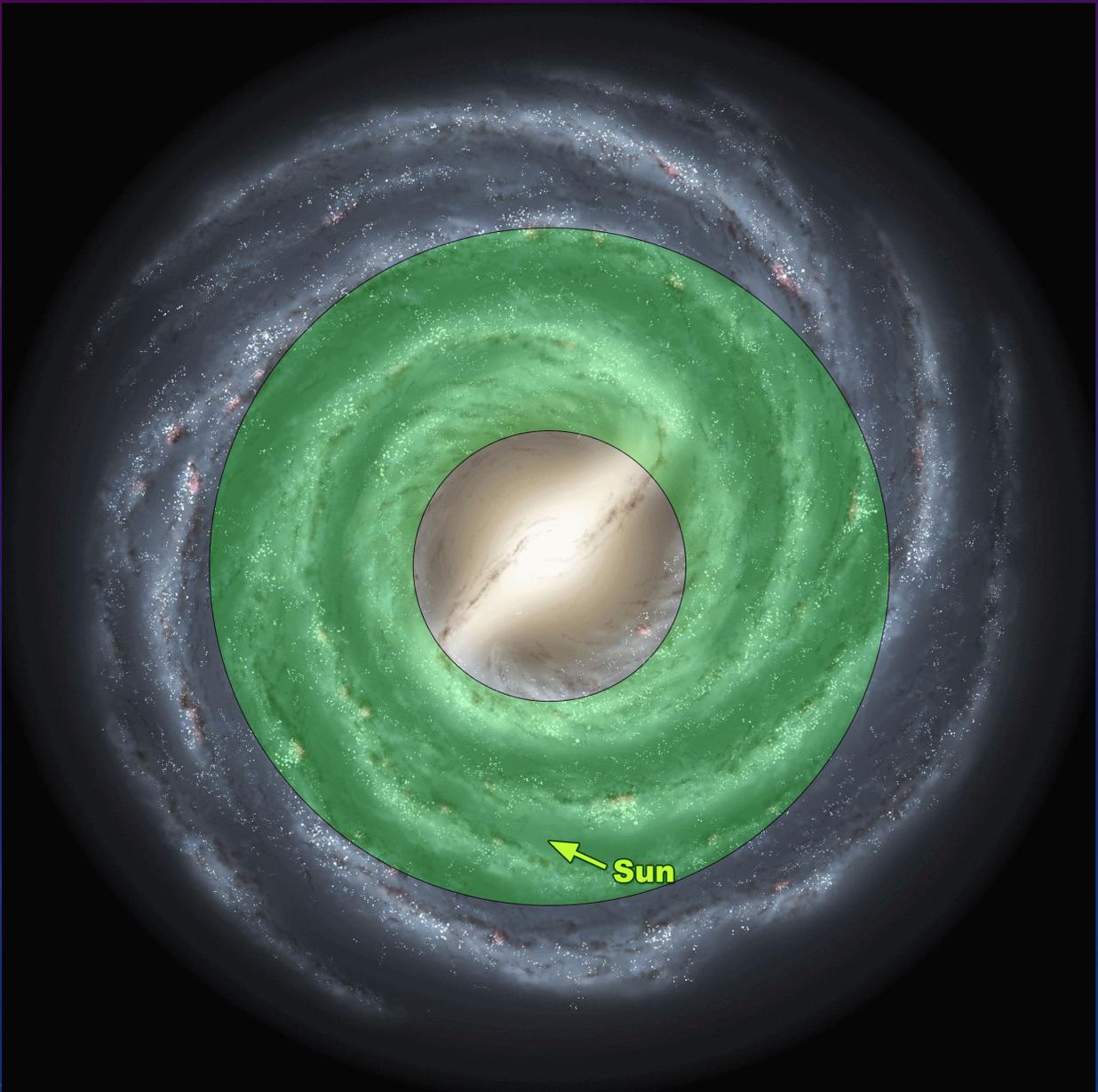
- Недавние исследования, проведённые над экстремофилами в Японии, состояли из множества бактерий, включая *Escherichia coli* и *Paracoccus denitrificans*, которых подвергли условиям экстремальной силы тяжести. Бактерии выращивались в ультрацентрифуге на высоких скоростях, соответствующих 403627 g (то есть в 403627 раз большая сила тяжести, чем на Земле). *Paracoccus denitrificans* была одной из бактерий, продемонстрировавшей не только выживание, но также устойчивый клеточный рост в условиях сверхускорения, которые обычно можно найти только в космических условиях, например, на очень массивных звёздах или в ударных волнах сверхновых. Анализ показал, что небольшой размер клеток прокариот имеет важное значение для успешного роста при гипергравитации.
- Также в 2012 учёные сообщили, что лишайник выжил и показал замечательные результаты на способность к адаптации фотосинтетической активности в течение 34 дней имитационного моделирования марсианских условий, проведённых в Mars Simulation Laboratory (MSL), Германского центра авиации и космонавтики (DLR). Там моделировался состав марсианской атмосферы, температура, освещение, давление.



Milky Way Galaxy



ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ЗОНА ЖИЗНИ



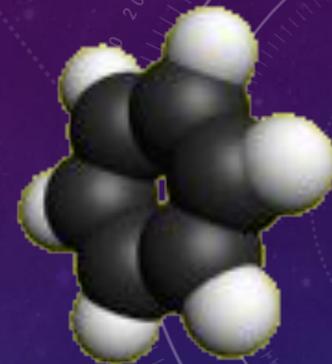
АЛЬТЕРНАТИВНАЯ БИОХИМИЯ

- **Альтернативная биохимия** изучает возможность существования форм жизни, которым свойственны биохимические процессы, полностью отличающиеся от возникших на Земле. Обсуждаемые отличия включают замену углерода в молекулах органических веществ на другие атомы, либо воды в качестве растворителя на другие жидкости.

From SciAm 7/99 image by Andy Christie

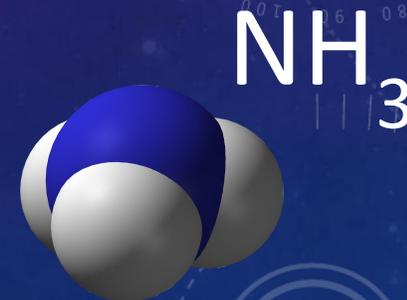
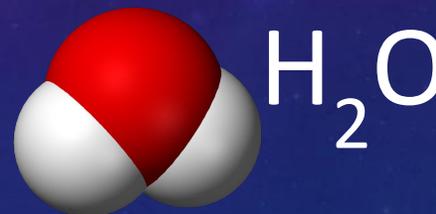


УГЛЕРОД ⇒ КРЕМНИЙ



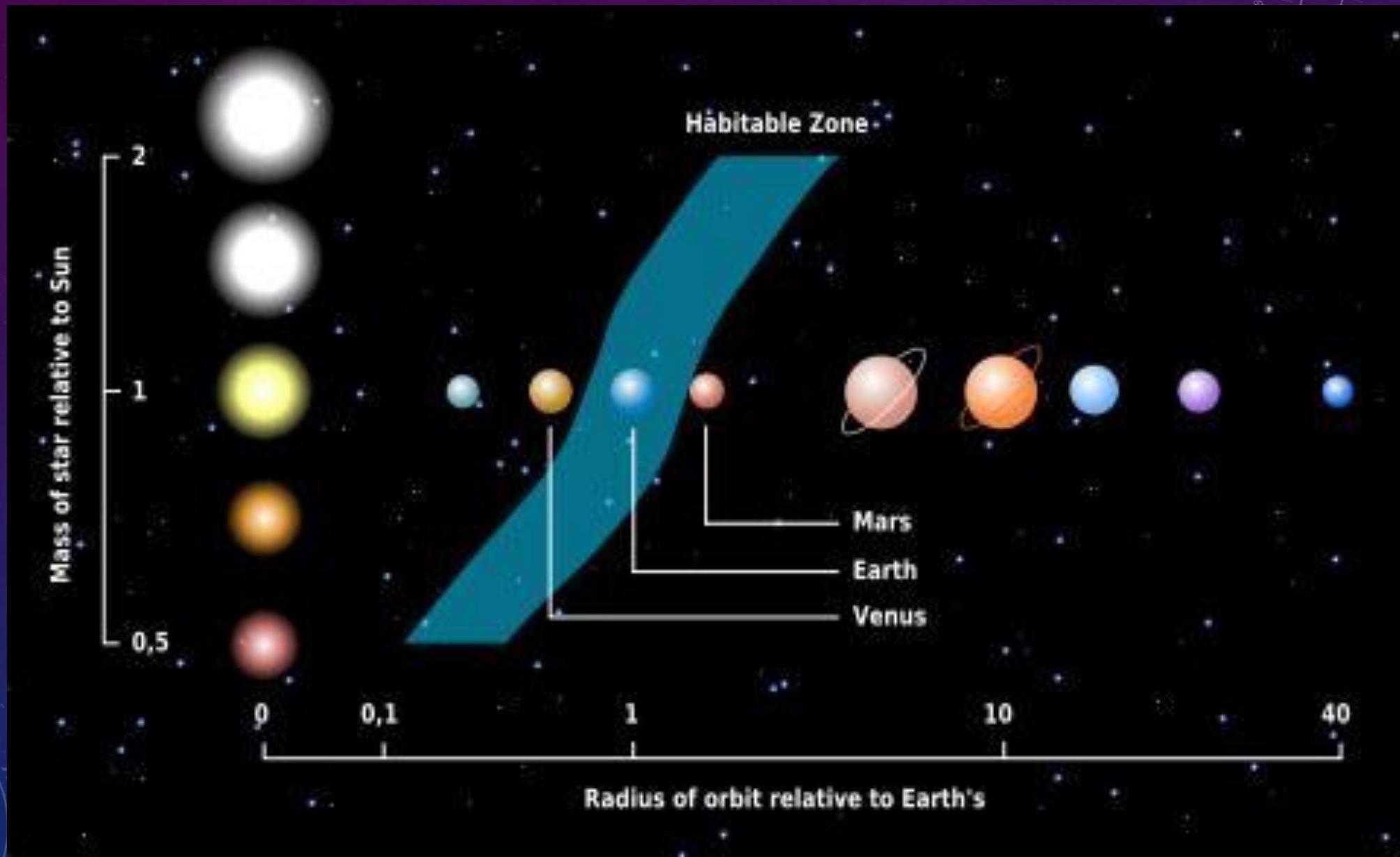
- При всём разнообразии молекул, которые были обнаружены в межзвёздной среде, 84 основаны на углероде и лишь 8 — на кремнии. Более того, из этих 8 соединений 4 включают углерод. (Это косвенно указывает на небольшую возможность промежуточного — кремний-углеродного — варианта биохимии.)

ВОДА ⇒ АММИАК



- При давлении в 100 кПа (1 атм.) он находится в жидком состоянии при температурах от -78 до -33 °С. Жидкий аммиак по ряду свойств напоминает воду, но следует заметить, что при замерзании твёрдый аммиак не всплывает вверх, а тонет (в отличие от водного льда). Поэтому океан, состоящий из жидкого аммиака, будет легко промерзнуть до дна. Кроме того, выбор аммиака как растворителя исключает выгоды от использования кислорода как биологического реагента

НАША СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА



MARS the Movie

This NASA Hubble Space Telescope full-globe picture of the planet Mars is the most detailed view of the red planet ever taken from Earth's distance. Hubble resolves details on Mars' surface as small as 30 miles across, to reveal craters, volcanoes, the north polar ice cap, and fleecy white clouds in the thin Martian atmosphere.



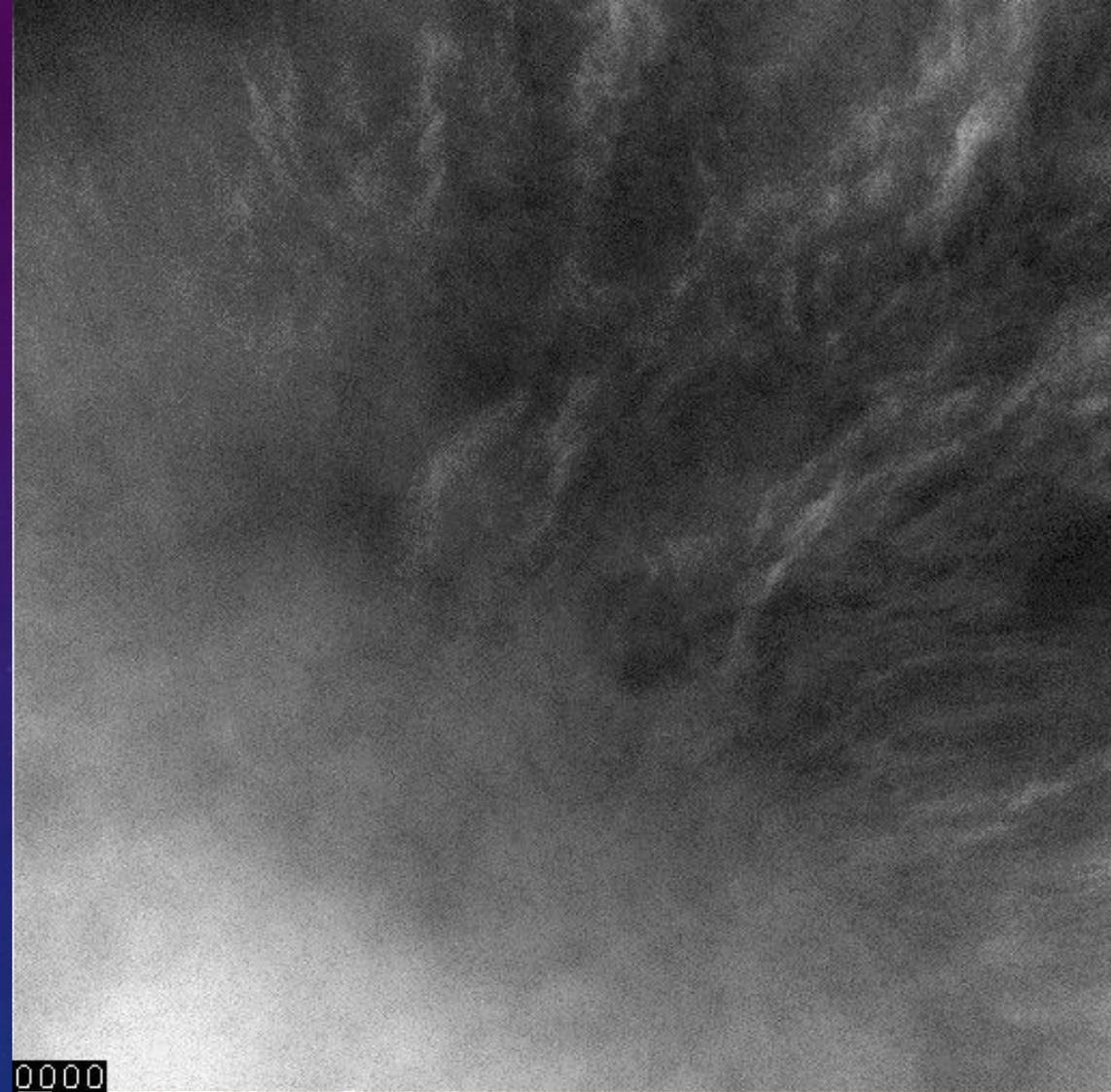
Атмосфера Земли:
70,08 % азот
20,95 % кислород
0,93 % аргон
0,039 % угл. газ
ок. 1 % водяной пар



Атмосфера Марса:
95,32 % угл. газ
2,7 % азот
1,6 % аргон
0,13 % кислород
0,08 % угарный газ
0,021 % водяной пар



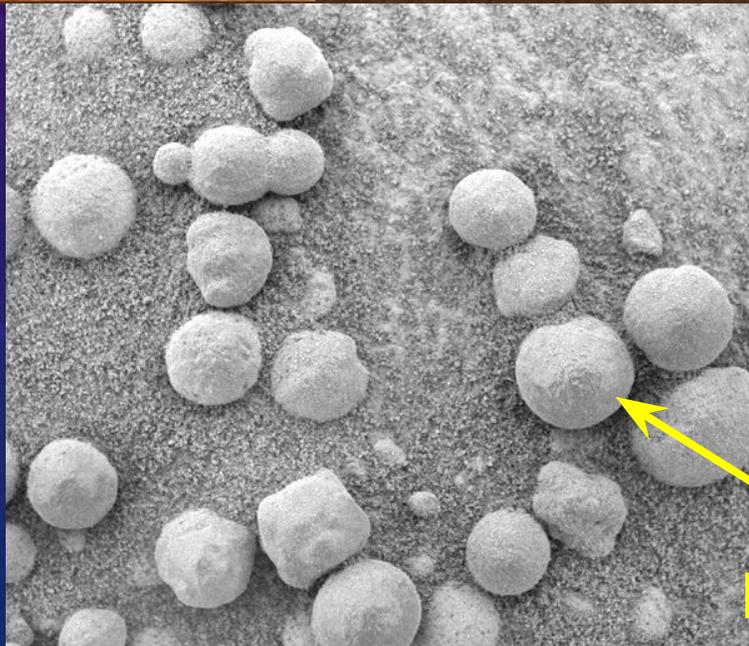
Анимация движения облаков на Марсе,
фотографии с аппарата Феникс



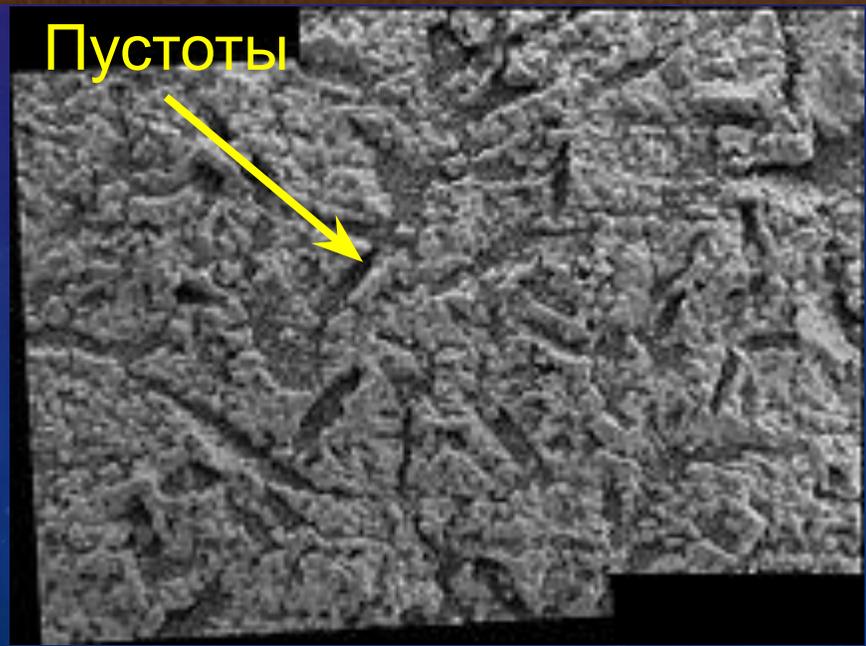
Движение облаков, снимки сделаны
изнутри кратера Виктория (марсоход
Оппортьюнити)



Opportunity, 2004
Кратер «Eagle»

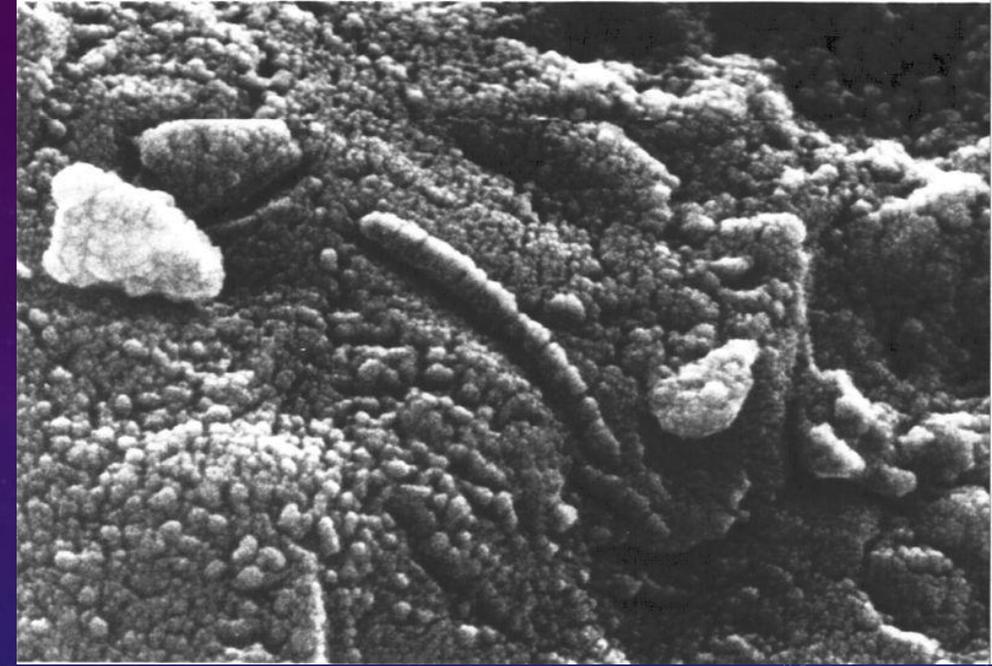


Гематит



Пустоты

МЕТЕОРИТ С МАРСА



В августе 1996 года в журнале *Science* была опубликована статья об исследовании метеорита ALH 84001, найденного в Антарктиде в 1984 году. Изотопное датирование показало, что метеорит возник 4—4,5 миллиарда лет назад, а 15 миллионов лет назад был выброшен в межпланетное пространство. 13 000 лет назад метеорит упал на Землю. Изучая метеорит с помощью электронного микроскопа, учёные обнаружили микроскопические окаменелости, напоминающие бактериальные колонии, состоящие из отдельных частей размером примерно 100 нм. Также были найдены следы веществ, образующихся при разложении микроорганизмов. Работа была неоднозначно встречена научным сообществом. Критики отметили, что размеры найденных образований в 100—1000 раз меньше типичных земных бактерий, и их объём слишком мал для размещения в нём молекул ДНК и РНК. В ходе последующих исследований в образцах были обнаружены следы земных биозагрязнений. В целом аргументы в пользу того, что образования являются окаменелостями бактерий, выглядят недостаточно убедительными

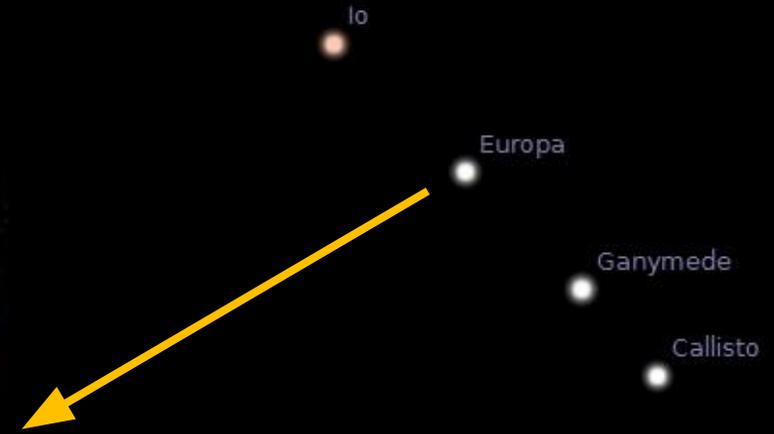
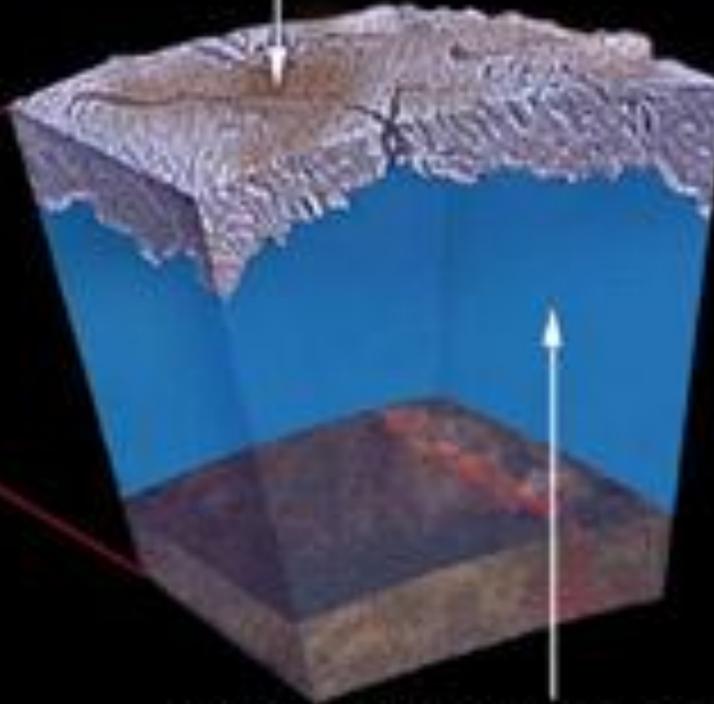
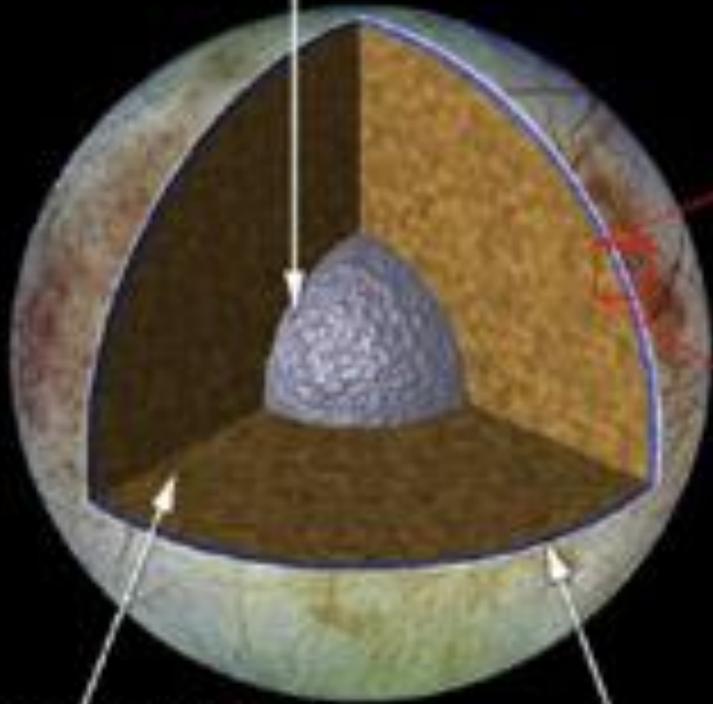
ЕВПРОПА



Галилеевы
спутники
Юпитера

Металлическое ядро

Ледяное покрытие



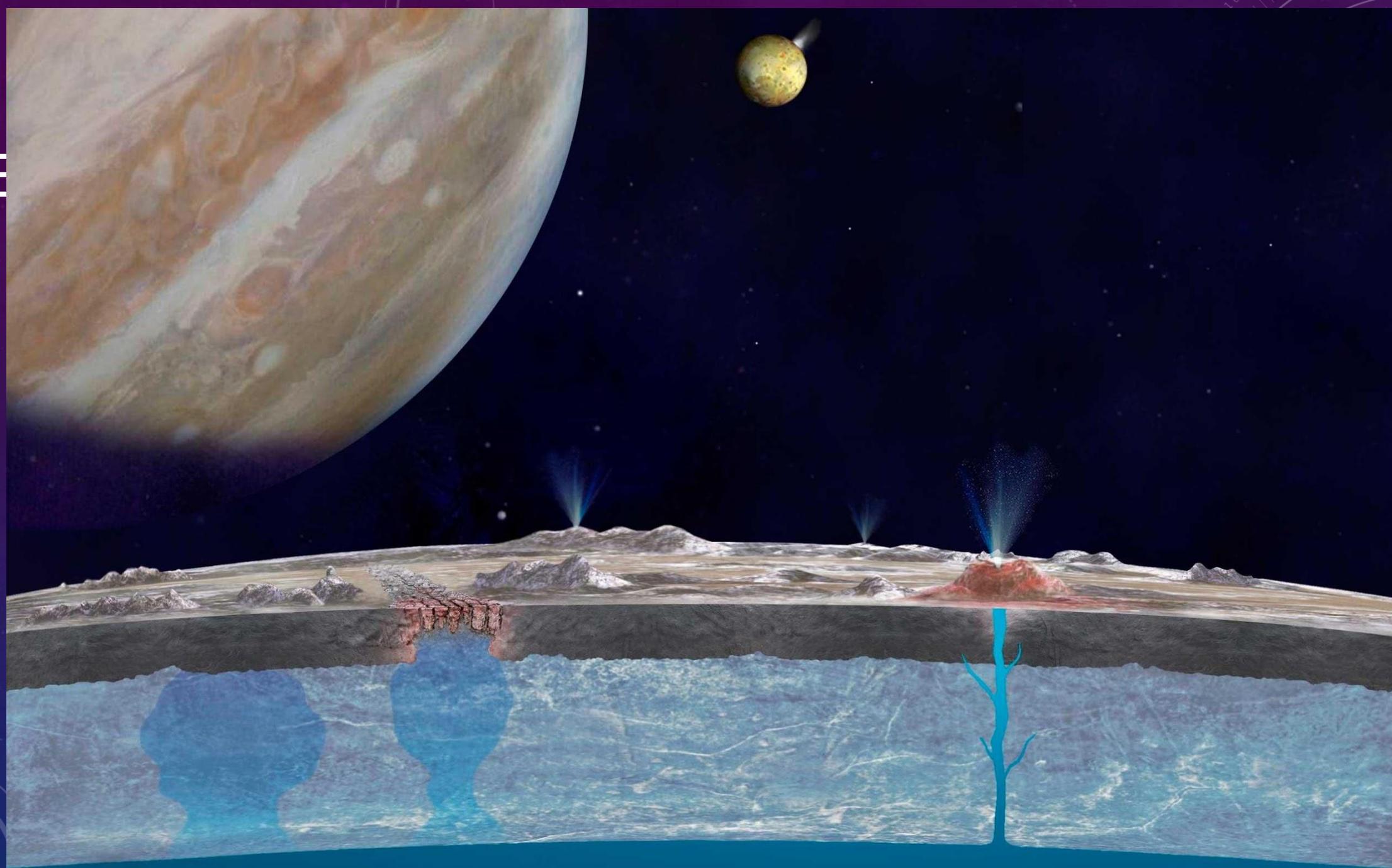
Каменные недра

Слой жидкой воды

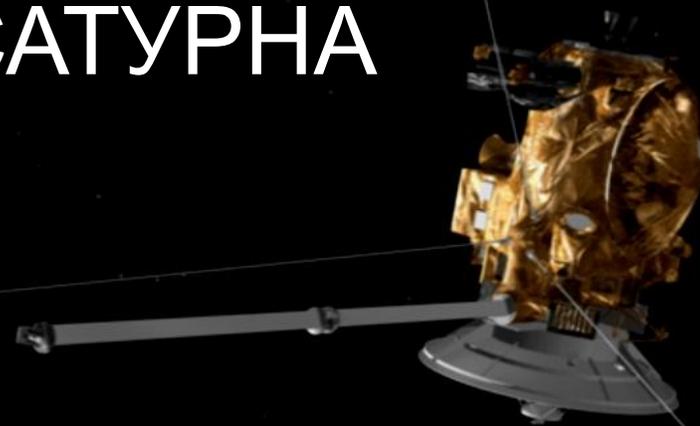
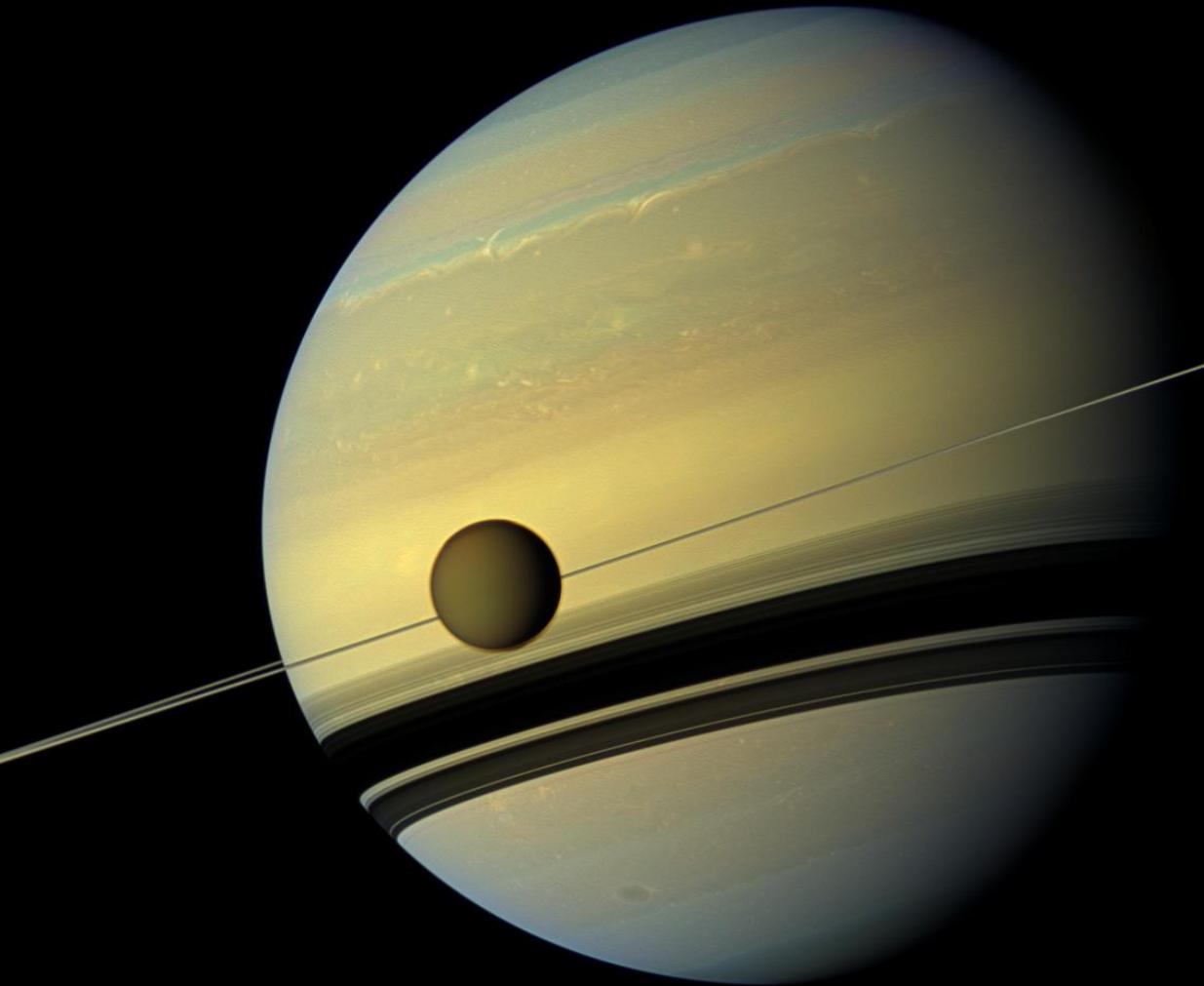
Жидкий океан ниже льда



E



ТИТАН – СПУТНИК САТУРНА



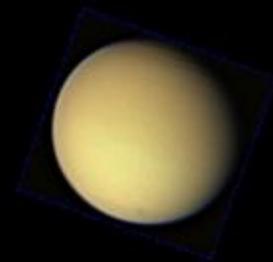
CASSINI - HUYGENS

Exploring Saturn & Titan, a fascinating world

<http://saturn.esa.int>



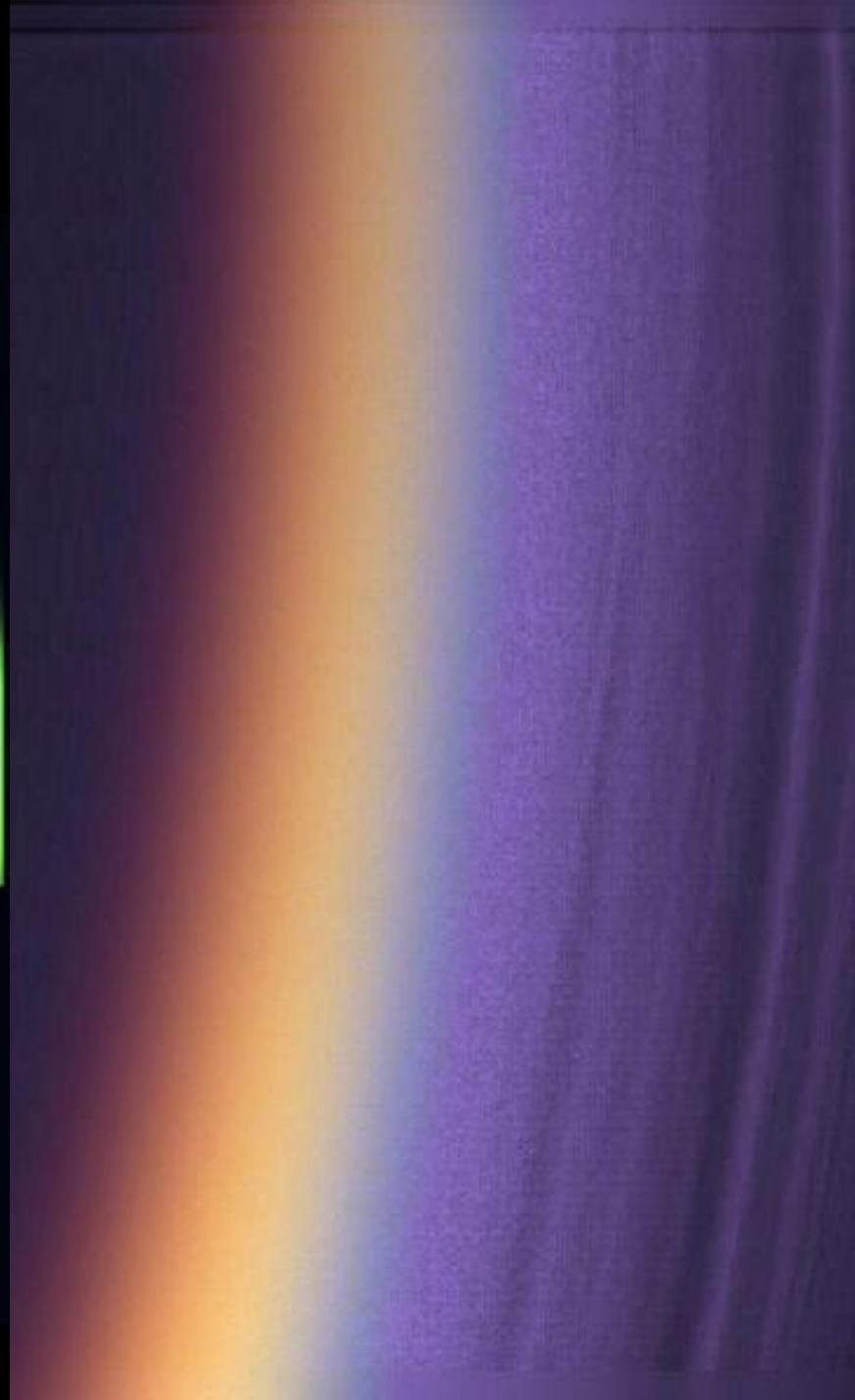
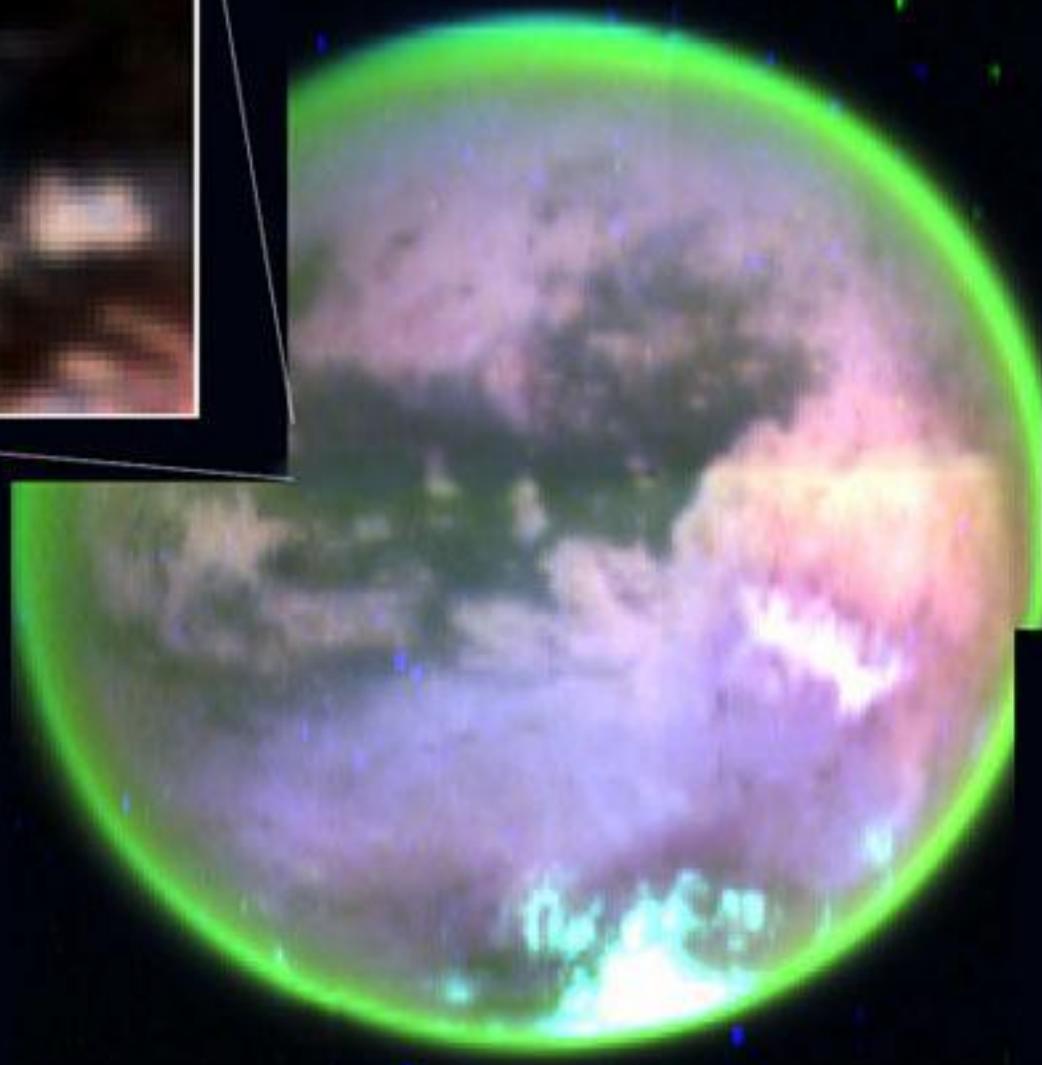
Земля



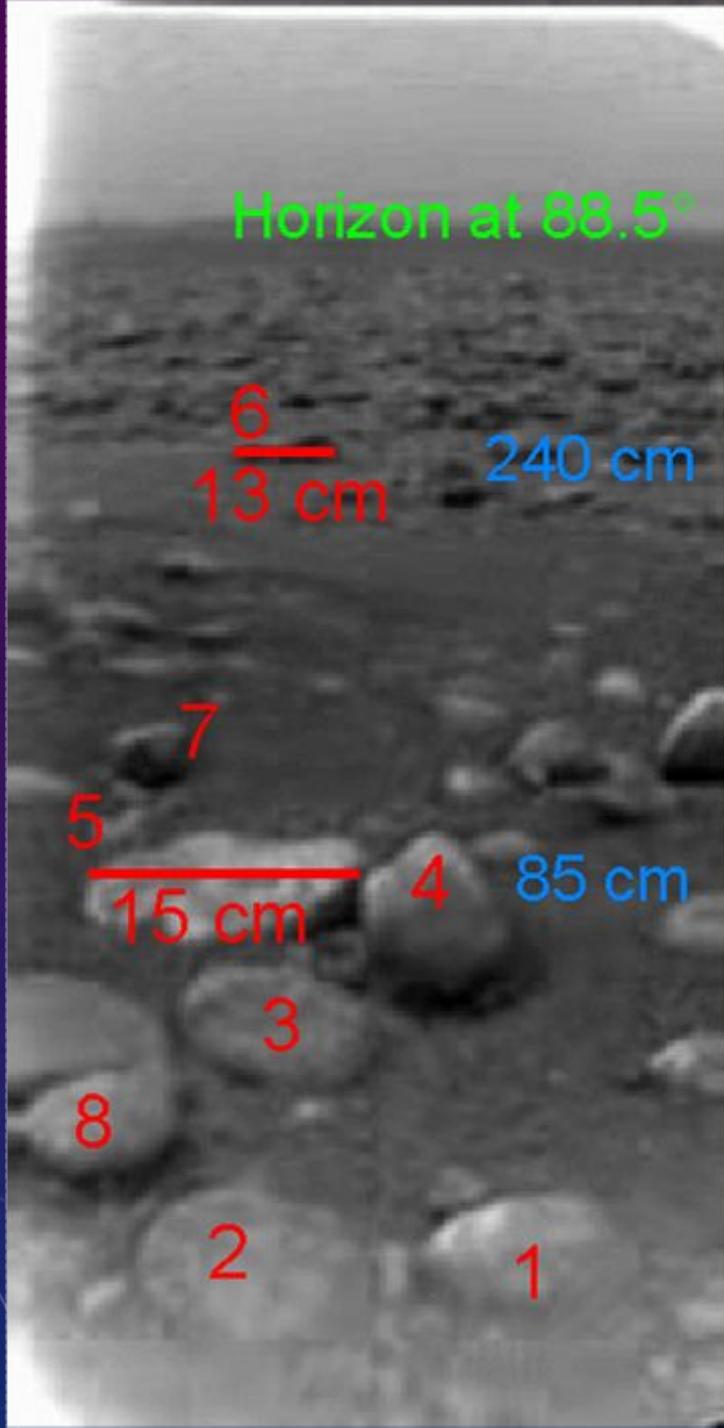
Титан

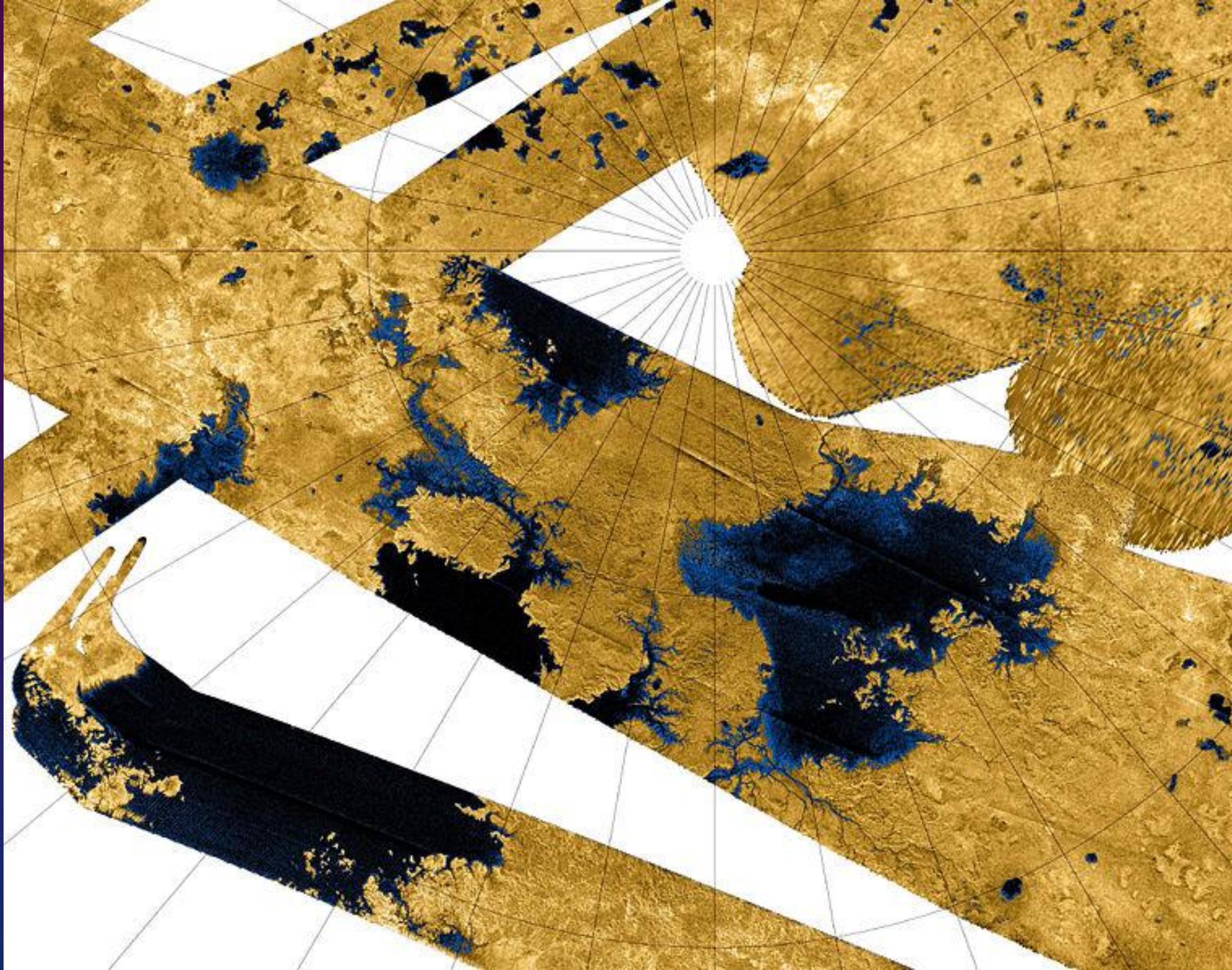


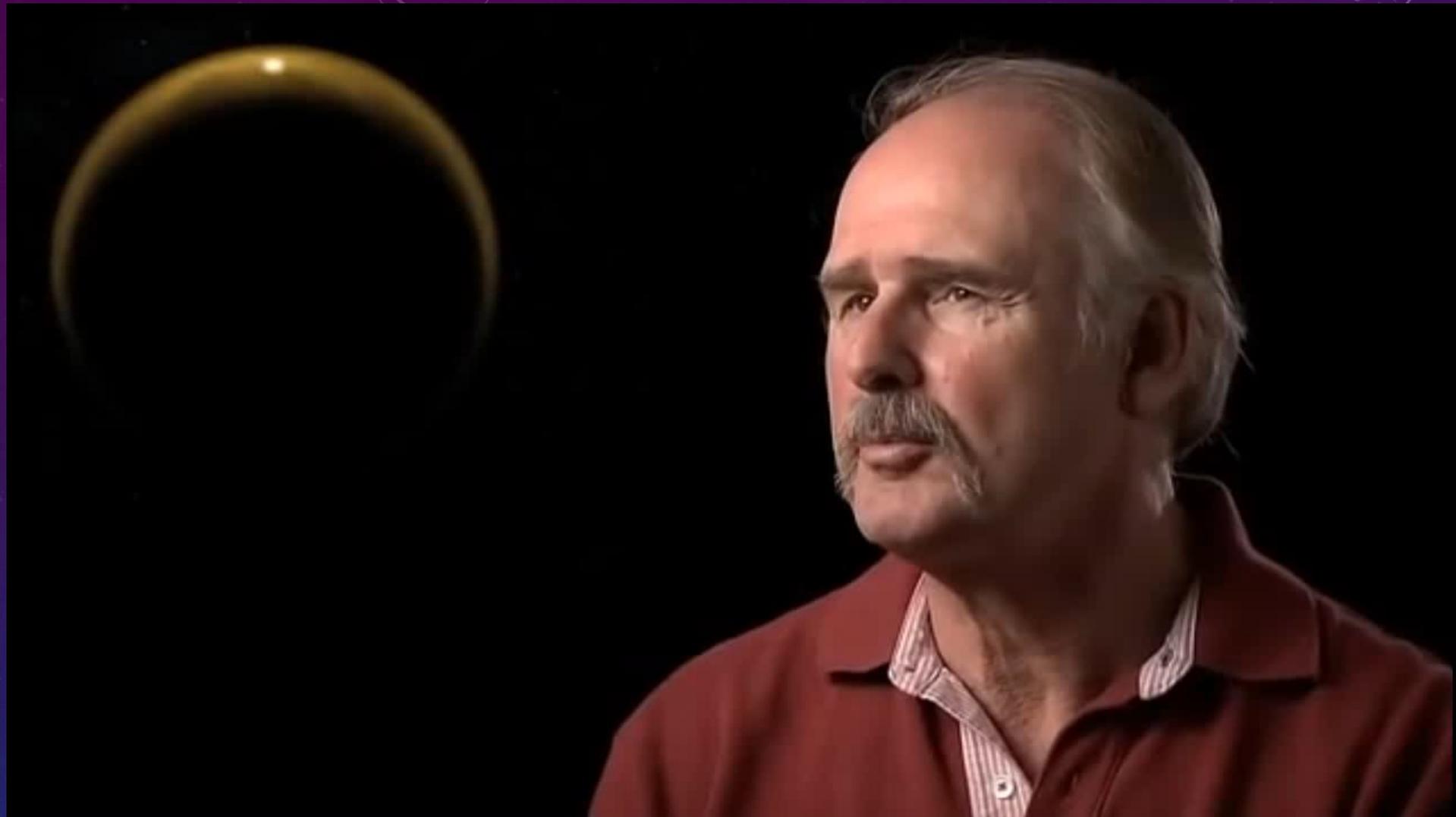
Луна



Передал «Кассини-Гюйгенс», 2005



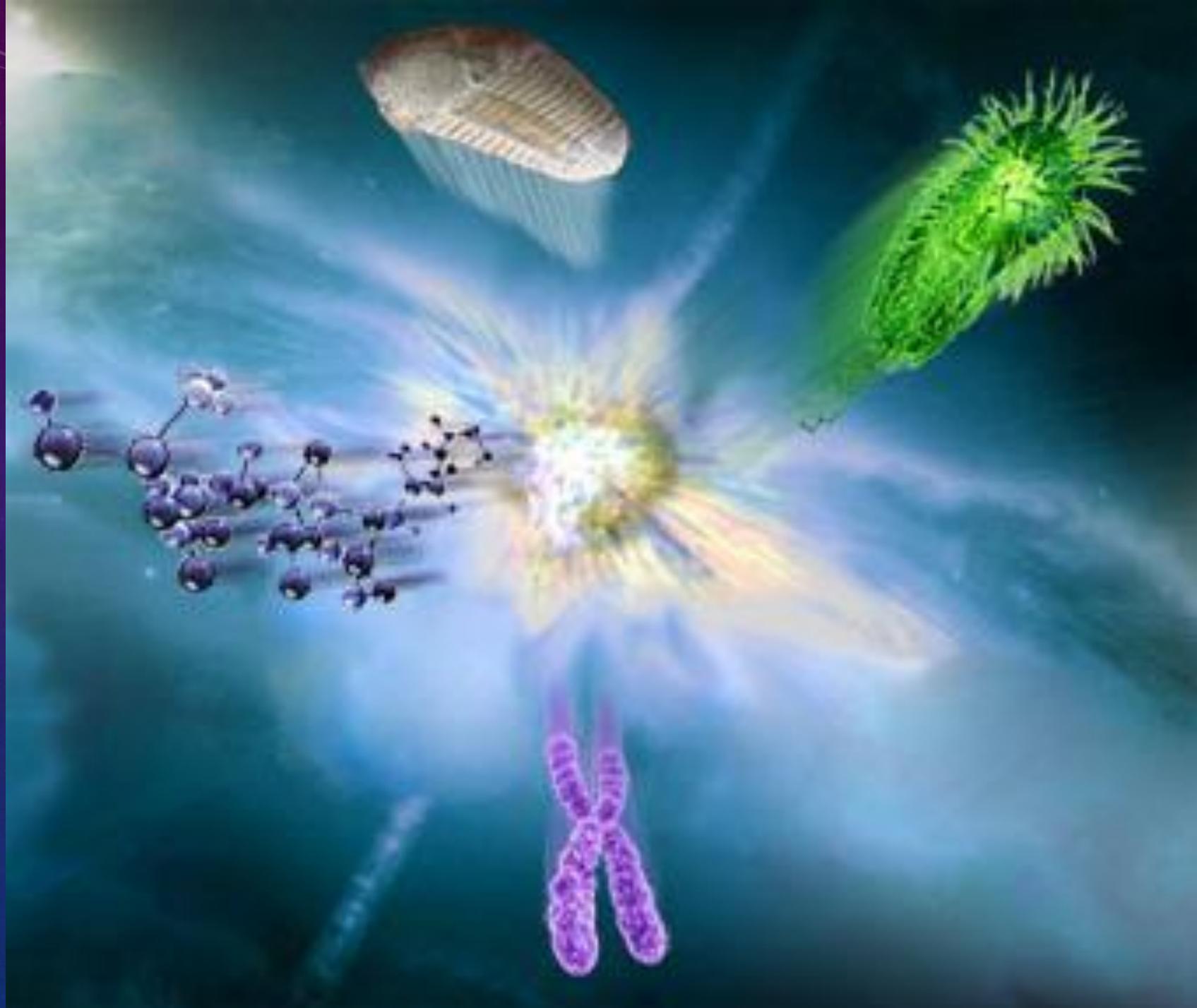




ИССЛЕДОВАНИЕ СПУТНИКА САТУРНА ТИТАНА
[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=T2ROIYGGFRC](https://www.youtube.com/watch?v=T2ROIYGGFRC)

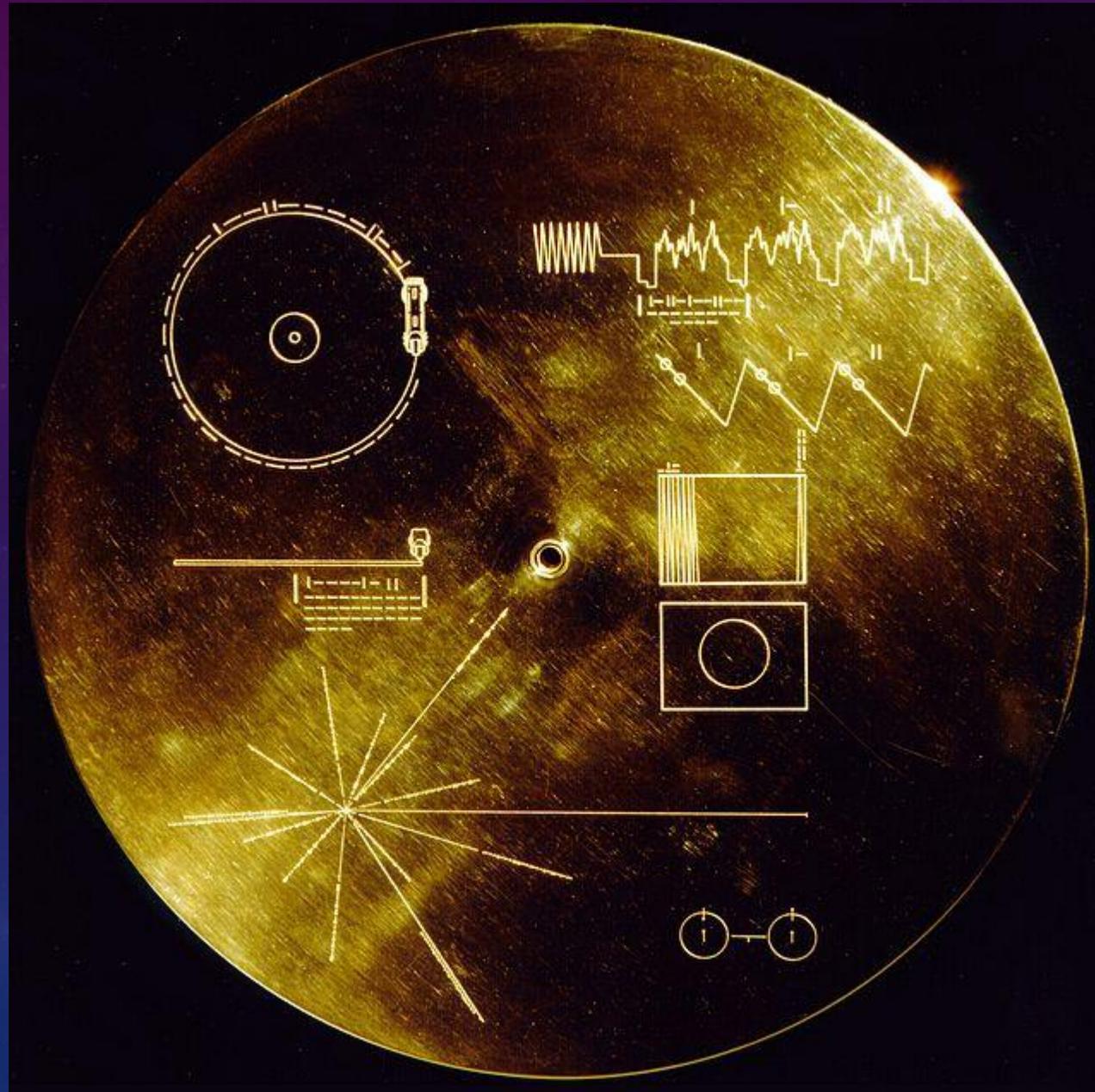
ГИПОТЕЗА ПАНСПЕРМИИ

- Гипотеза о появлении жизни на Земле в результате занесения из космического пространства так называемых «зародышей жизни» Согласно панспермии, рассеянные в космическом пространстве зародыши жизни (например, споры микроорганизмов) переносятся с одного небесного тела на другое с метеоритами или под действием давления света



SETI -SEARCH FOR EXTRATERRESTRIAL INTELLIGENCE)





ФОРМУЛА ДРЕЙКА

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Существует множество мнений по большинству параметров, приведём числа, использованные Дрейком в 1961:

$R = 10/\text{год}$ (10 звёзд образуется в год)

$f_p = 0,5$ (половина звёзд имеет планеты)

$n_e = 2$ (в среднем две планеты в системе пригодны для жизни)

$f_l = 1$ (если жизнь возможна, она обязательно возникнет)

$f_i = 0,01$ (1 % вероятности, что жизнь разовьётся до разумной)

$f_c = 0,01$ (1 % цивилизаций может и хочет установить контакт)

$L = 10\ 000$ лет (технически развитая цивилизация существует 10 000 лет)

Уравнение Дрейка даёт $N = 10 \times 0,5 \times 2 \times 1 \times 0,01 \times 0,01 \times 10\ 000 = 10$.

	C12
liczba gwiazd w	
% odpowiednich	
% gwiazd z plan	
% planet w eko	
% powstanie ży	
% inteligencji	
% komunikacji	
okno komunik	
wiek Galaktyk	
liczba wykryw	

	C5
liczba gwiazd w Galaktyce	
% odpowiednich gwiazd	
% gwiazd z planetami	
% planet w ekosferze	
% powstanie życia	
% inteligencji	
% komunikacji	
okno komunikacji	
wiek Galaktyki	
liczba wykrywalnych cywilizacji N=	122,472 sztuk

+	300 mld
	70 %
	80 %
	10 %
	90 %
	90 %
	90 %
	100 lata
	10 mld lat

