

Все, что нужно знать о космосе  
от Солнечной системы  
до самых далеких уголков Вселенной

---

# Большой атлас ВСЕЛЕННОЙ



# Большой атлас ВСЕЛЕННОЙ



Москва  
2017

УДК 524(084.4)  
ББК 22.632я6  
Б79

**Большой атлас Вселенной / И.Ю. Позднякова. – Москва : Издательство «Э», 2017. – 264 с. : ил. – (Подарочные издания. Миссия «Космос»).**

Космос завораживает каждого из нас. Мы смотрим на сияющие точки звезд и мечтаем о полетах за пределы Земли и Солнечной системы.

Улетев с Земли, что бы мы увидели? Как выглядят планеты Солнечной системы и что у них на поверхности? Что находится в центре галактик?

Из этой книги вы узнаете много интересного о нашей Вселенной и ее тайнах.

**УДК 524(084.4)  
ББК 22.632я6**

*Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.*

Научно-популярное издание

ПОДАРОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ. МИССИЯ «КОСМОС»

## **БОЛЬШОЙ АТЛАС ВСЕЛЕННОЙ**

Директор редакции *Е. Капьев*  
Ответственный редактор *В. Обручев*  
Младший редактор *Е. Минина*  
Художественный редактор *А. Шуклин*

В оформлении переплета использованы фотографии:

Vadim Sadovski, Zakharchuk / Shutterstock.com  
Используется по лицензии от Shutterstock.com

Во внутреннем оформлении использованы фотографии:

3Dsculptor, Aaron Rutten, Action Sports Photography, alexokokok, Alhovic, Andrea Danti, argus, BlueRingMedia, Cherkas, Christos Georghiou, D1min, Denis Belitsky, Giovanni Benintende, GI0ck, Igor Chekalin, Igor Zh., itechno, Ivanova Natalia, Johan Swanepoel, Jurik Peter, Kamira, Kostsov, Mark Yuil, Mopic, muratart, Nadya\_Art, Natursports, Norma Cornes, Pavel Vakhrushev, peresanz, Petr Student, Plutonium 3d, shooarts, silver tiger, Triff, Tristan3D, vinap, Vladi333, Wolfgang Kloehr, zhennet / Shutterstock.com  
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Э»  
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86.  
Өндүрүшү: «Э» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.  
Тел. 8 (495) 411-68-86.  
Тауар белгісі: «Э»  
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.  
Тел.: 8 (727) 251-59-89/90/91/92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107.  
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.  
Сертификация туралы ақпарат сайты Өндүрүші «Э»

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Э»

Өндүрген мемлекет: Ресей  
Сертификация қарастырылмаған

Подписано в печать 03.08.2017. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 30,8.

Тираж экз. Заказ



В электронном виде книги издательства вы можете купить на [www.litres.ru](http://www.litres.ru)

**ЛитРес:**  
один клик до книг



© Познякова И.Ю., 2017  
© ООО «Айдиономикс», 2017  
© Оформление. ООО «Издательство «Э», 2017

ISBN 978-5-699-91901-7

# СОДЕРЖАНИЕ



Введение .....	4
Единицы измерения .....	6
Как работать с картами звездного неба .....	8

## СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА ..... 11

Характеристики Солнечной системы .....	12
Солнце .....	16
Изучение Солнца .....	24
Миссии к Солнцу .....	26
Меркурий .....	28
Изучение Меркурия .....	34
Миссии к Меркурию .....	36
Венера .....	38
Изучение Венеры .....	42
Миссии к Венере .....	44
Земля .....	46
Наша планета .....	50
Исследование Земли .....	52
Луна .....	54
Изучение Луны .....	58
Миссии к Луне .....	60
Метеоры и метеориты .....	62
Марс .....	66
Изучение Марса .....	78
Миссии к Марсу .....	80
Малые тела Солнечной системы .....	82
Миссии к астероидам .....	87
Внутренняя часть Солнечной системы:	
интересные факты .....	88
Юпитер .....	90
Изучение Юпитера .....	106
Миссии к Юпитеру .....	108
Сатурн .....	110
Изучение Сатурна .....	120
Миссии к Сатурну .....	122
Уран .....	124
Нептун .....	130
Исследования голубых планет .....	136
Плутон .....	138
Пояс Койпера .....	142
Кометы .....	144
Изучение комет .....	150
Миссии к кометам .....	153
Облако Оорта .....	154
Окраины Солнечной системы:	
интересные факты и гипотезы .....	156

## ВСЕЛЕННАЯ ..... 159

Рождение Вселенной .....	160
Структура Вселенной .....	162
Размеры Вселенной .....	164
Другие планетные системы .....	166
Звезды .....	172
Черные дыры .....	198
Рассеянные скопления .....	200
Шаровые скопления .....	204
Светящиеся облака межзвездного газа .....	208
Темные туманности .....	212
Планетарные туманности .....	216
Самые-самые в мире звезд .....	220
Галактика Млечный Путь .....	222
Магеллановы Облака .....	224
Галактика Андромеды .....	226
Галактика Треугольника .....	228
Местная группа галактик .....	230
Классификация галактик .....	232
Взаимодействующие галактики .....	234
Скопления галактик .....	236
Крупномасштабная структура Вселенной .....	240
Вселенная. У горизонта познания .....	242

## НАБЛЮДЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА. КАРТЫ ..... 245

Околополюсные созвездия	
Северного полушария .....	246
Весна и лето в Северном полушарии .....	248
Осень и зима в Северном полушарии .....	250
Околополюсные созвездия	
Южного полушария .....	252
Весна и лето в Южном полушарии .....	254
Осень и зима в Южном полушарии .....	256

Приложение .....	258
Словарь .....	259
Алфавитный указатель .....	261
Список литературы .....	263

# ВВЕДЕНИЕ

**ДАВНО ЛИ ВЫ СМОТРЕЛИ НА ЗВЕЗДНОЕ НЕБО? ВИДЕЛИ ЛИ ВЫ КОГДА-НИБУДЬ СВЕТЯЩУЮСЯ ПОЛОСУ МЛЕЧНОГО ПУТИ ИЛИ ОГНЕННЫЙ СЛЕД МЕТЕОРА? А МОЖЕТ БЫТЬ, ВАМ УЖЕ ДОВОДИЛОСЬ РАЗГЛЯДЫВАТЬ В БИНОКЛЬ ИЛИ ЗРИТЕЛЬНУЮ ТРУБУ ЛУННЫЕ КРАТЕРЫ?**

Астрономия — одна из самых увлекательных и интересных наук о природе. Как правило, интерес к ней проявляется у человека уже в раннем возрасте и потом не ослабевает всю жизнь. Некоторые из тех, кто в детстве заинтересовался загадками звездного неба, пополняют ряды профессиональных астрономов. Другие вступают в сообщества астрономов-любителей, количество которых превышает число их собратьев-профессионалов. Порой эти люди делают для науки не меньше открытий. Так, любители обнаружили немало комет, астероидов, переменных и новых звезд, многие являются авторами потрясающе красивых снимков звездного неба, планет, туманностей, галактик. Есть и те, кто просто любит объекты Вселенной в телескоп, бинокль или даже рассматривает ее красоты невооруженным глазом.

Книга адресована тем, кто начинает свой путь к изучению астрономии. Посмотрели по телевизору передачу о космосе и желаете узнать больше? Прочитали сообщение о редком явлении и хотите понять, что произошло? Наш атлас поможет вам не заблудиться в обилии информации. В нем шаг за шагом показана вся наблюдаемая Вселенная — от окрестностей Солнца до далеких сверхскоплений галактик. Вы узнаете об основных типах объектов Вселенной, их физической природе. В конце книги размещены карты звездного неба, с помощью которых вы сможете сделать первые шаги в самостоятельном изучении созвездий.

Конечно же, одно издание не может охватить всего. Мы надеемся, что прочитанное и увиденное подвигнет вас обратиться к более подробным и серьезным книгам об астрономии.

“

АСТРОНОМИЯ ПОЛЕЗНА ПОТОМУ,  
ЧТО ОНА ВОЗВЫШАЕТ НАС НАД НАМИ  
САМИМИ; ОНА ПОЛЕЗНА ПОТОМУ, ЧТО  
ОНА ВЕЛИЧЕСТВЕННА; ОНА ПОЛЕЗНА  
ПОТОМУ, ЧТО ОНА ПРЕКРАСНА.  
ИМЕННО ОНА ЯВЛЯЕТ НАМ, КАК  
НИЧТОЖЕН ЧЕЛОВЕК ТЕЛОМ И КАК  
ОН ВЕЛИК ДУХОМ.

”

*АНРИ ПУАНКАРЕ*



# ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

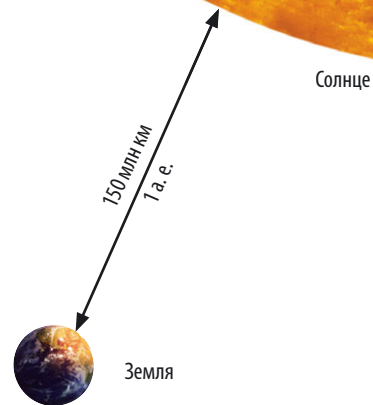
**АСТРОНОМИЯ ИЗУЧАЕТ ОБЪЕКТЫ, СВОЙСТВА КОТОРЫХ СЛОЖНО ОЦЕНИТЬ ПРИВЫЧНЫМИ ЕДИНИЦАМИ ИЗМЕРЕНИЯ. ПОТОМУ ДЛЯ ЭТОЙ НАУКИ БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ УНИКАЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ.**

## РАССТОЯНИЕ

Расстояния в космосе сложно определить километрами, поскольку получаются невообразимо большие цифры. Рассмотрим несколько вариантов определения расстояний.

### Астрономическая единица

Расстояние от Земли до Солнца — это условно постоянная величина, равная примерно 150 млн км. Астрономы назвали ее «астрономической единицей», сокращенно — а. е. Она помогает измерять расстояния в пределах Солнечной системы. Например, от Солнца до Юпитера — 5 а. е., то есть 5 расстояний от Земли до Солнца.



### ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

1 а. е. (астрономическая единица)  $\approx 1,5 \cdot 10^9$  м = 150 млн км.  
 1 св. год (световой год)  $\approx 9,46 \cdot 10^{15}$  м  $\approx 0,3$  пк  $\approx 63$  241 а. е.  
 1 пк (парсек)  $\approx 3 \cdot 10^{16}$  м  $\approx 3,26$  св. года. Кратные величины: кпк (килопарсек), мпк (мегапарсек), гпк (гигапарсек).  
 $M_{\odot}$  — масса Солнца,  $2 \cdot 10^{30}$  кг, используется для определения масс звезд и галактик.  
 $M_{\oplus}$  — масса Земли,  $6 \cdot 10^{24}$  кг, применяется для распознавания масс планет.  
 $L_{\odot}$  — светимость Солнца,  $3,8 \cdot 10^{33}$  эрг/с, используется для измерения светимостей звезд, взрывов и галактик.  
 $m$  — видимая звездная величина, характеризует фактическую яркость объекта.  
 $M$  — абсолютная звездная величина — это яркость, которую имел бы объект на расстоянии 10 пк.

### РЕДКО ИСПОЛЗУЕМЫЕ ЕДИНИЦЫ

Приведенные ниже единицы используются довольно редко, обычно лишь в популярных публикациях:

- 1 световая секунда = 299 792,458 км
- 1 световая минута = 17 987 547,48 км
- 1 световой час = 1 079 252 848,8 км
- 1 световые сутки = 25 902 068 371,2 км
- 1 световая неделя  $\approx 181$  314 478 598,4 км
- 1 световой месяц  $\approx 790$  млрд км

**КОСМОС НАСТОЛЬКО НЕОБЪЯТЕН, ЧТО ДАЖЕ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ОПИСАТЬ СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ, НЕОБХОДИМО СДЕЛАТЬ ЗНАКОМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕРЕНИЯ КРУПНЕЕ НА ПЯТЬ ПОРЯДКОВ.**

### Световой год

Для определения расстояний до звезд используют единицу измерения длины — световой год. Это расстояние, которое луч света проходит за один год  $\approx 9,46 \cdot 10^{15}$  м. Скорость света при этом составляет 300 000 км/с. Это максимально достижимая скорость в природе.

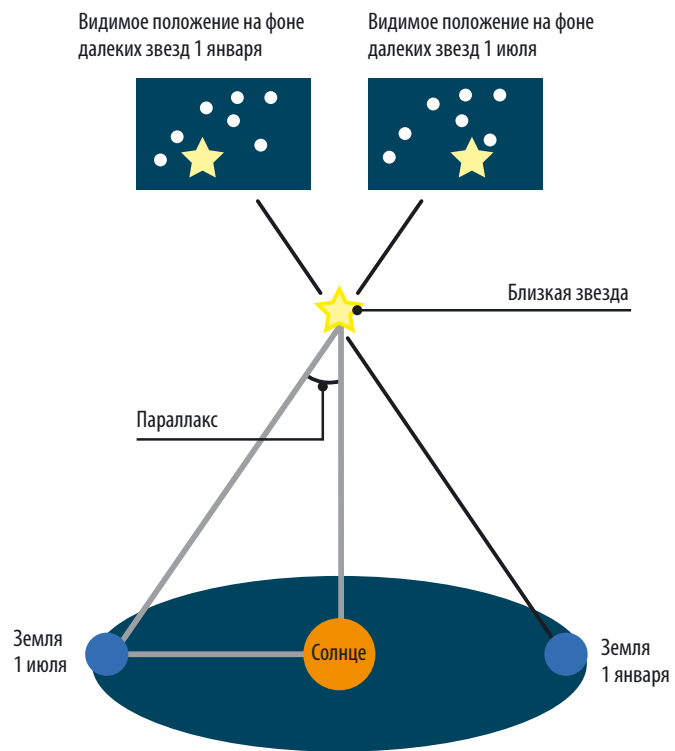
Наша звездная система — галактика Млечный Путь со всеми звездами, планетными системами, скоплениями и туманностями — простирается на 100 000 св. лет. До ближайшей крупной галактики — туманности Андромеды — более 2 млн св. лет, до других галактик — миллионы, миллиарды...

### ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО

Максимально достижимая скорость в природе — скорость света. Зная ее, можно прочувствовать огромные масштабы Вселенной. От Луны — ближайшего небесного тела — свет идет к нам чуть больше секунды. Солнце мы видим таким, каким оно было 8 минут назад. Пять часов свет путешествует до карликовой планеты Плутон. Самый удаленный от Земли космический аппарат «Вояджер-1» 5 января 2016 года находился на расстоянии более 18 световых часов от нашей планеты. От ближайшей звезды свет идет к нам более четырех лет.

### Парсек

Еще одна распространенная в астрономии единица измерения расстояния называется парсек (русское обозначение — пк; международное — pc). Название образовано из сокращений слов «параллакс» (изменение видимого положения объекта относительно удаленного фона в зависимости от положения наблюдателя) и «секунда». Это расстояние, с которого отрезок длиной в одну астрономическую единицу (практически равный среднему радиусу земной орбиты), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду ( $1''$ ).

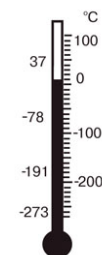


△ Определить расстояние до относительно близких к нам звезд помогает метод параллакса. Измерив угол, на который сместилась звезда, мы вычисляем расстояние до нее. На практике даже у ближайших звезд этот угол меньше  $1''$  дуги

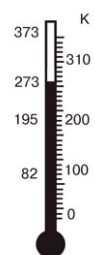
## ТЕМПЕРАТУРА

Температуры в физике и астрономии измеряются в градусах Кельвина. Привычная для нас шкала Цельсия берет за точку отсчета температуру замерзания воды. Но вода — это лишь одно из многочисленных химических веществ во Вселенной. Поэтому в XIX веке английский ученый Уильям Томсон (лорд Кельвин) ввел шкалу установления температуры, которая начинается с абсолютного нуля. При ней атомы остаются недвижимыми относительно друг друга. По шкале Цельсия это соответствует  $-273$  °C. Вода замерзает при 273 K, кипит при 373 K.

▽ Шкала Цельсия  
 $t = T - 273$



▽ Шкала Кельвина  
 $T = t + 273$





# КАК РАБОТАТЬ С КАРТАМИ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

**В КНИГЕ РАЗМЕЩЕНЫ КАРТЫ ОКОЛОПОЛЮСНЫХ СОЗВЕЗДИЙ И ОБЗОРНЫЕ КАРТЫ ПО СЕЗОНАМ ГОДА ДЛЯ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ. ОБЗОРНЫЕ КАРТЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ВИД ВСЕГО НЕБА В ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ДНИ ГОДА ДЛЯ МОСКВЫ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ И ДЛЯ СИДНЕЯ — В ЮЖНОМ.**

Пользоваться картами можно, находясь южнее или севернее этих точек, нужно лишь учесть, что если мы движемся к экватору, то звезды в южной части неба в Северном полушарии (и северной — в Южном) поднимутся выше на столько градусов, сколько составляет разница между географическими широтами (и под ними покажутся новые звезды, которых не было видно). Так, Владивосток южнее Москвы на  $13^\circ$ . Следовательно, на  $13^\circ$  выше поднимутся звезды. Например, Антарес, который в Москве поднимался не выше  $8^\circ$ , во Владивостоке будет стоять на высоте почти  $21^\circ$ . Околополярные созвездия, наоборот, опустятся ниже, к горизонту, на такую же величину.

Можно пользоваться картами не только в те моменты времени, которые на них указаны. Для этого достаточно понимать, что из-за движения Земли по орбите вокруг Солнца оно постепенно смещается на фоне звезд к востоку. Звезды впереди Солнца становятся ближе к нему и заходят раньше, а позади — отдаляются и восходят раньше. Каждый день Солнце смещается примерно на  $1^\circ$  (чуть меньше, так как полный круг оно делает за 365 дней), а восходы и заходы звезд случаются на 3 мин 56 с раньше (за год наберется как раз 24 ч).

Следовательно, каждые две недели звезды оказываются в одном и том же положении на небе на час раньше. Например, показанный на карте вид звездного неба в 22:00 15 января мы увидим 15 декабря в 24:00, а 15 февраля — в 20:00. В другие же моменты времени, близкие к этим (скажем, 15 января в 21:00 или 23:00), большинство звезд, изображенных на карте, тоже будут видны, но сместятся к востоку или западу.

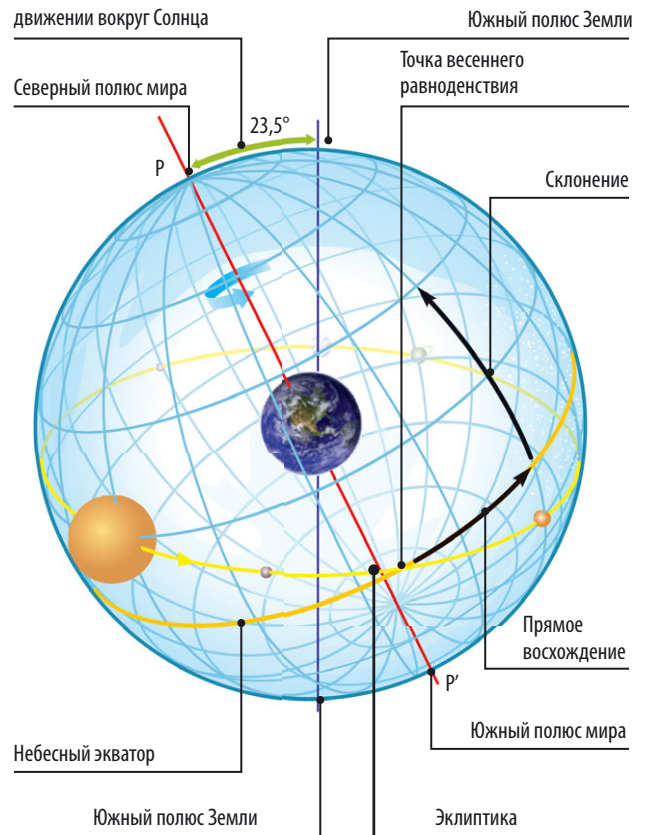
В картах и описаниях упоминаются названия и обозначения звезд. Многие из них, видимые невооруженным глазом, имеют собственные имена — Альдебаран, Сириус, Вега, Антарес и другие. Но в астрономии чаще применяется обозначение звезд в созвездии в порядке убывания яркости буквами греческого алфавита:  $\alpha, \beta, \gamma, \dots \omega$ . Например, Вега —  $\alpha$  Лиры, Ригель —  $\beta$  Ориона.

В книге помещены также фрагменты более подробных карт звездного неба, содержащих объекты глубокого космоса. Для более детального знакомства со звездными картами и изучения неба рекомендуем установить на компьютер или планшет любую из множества программ-планетариев.

## НЕБЕСНАЯ СФЕРА

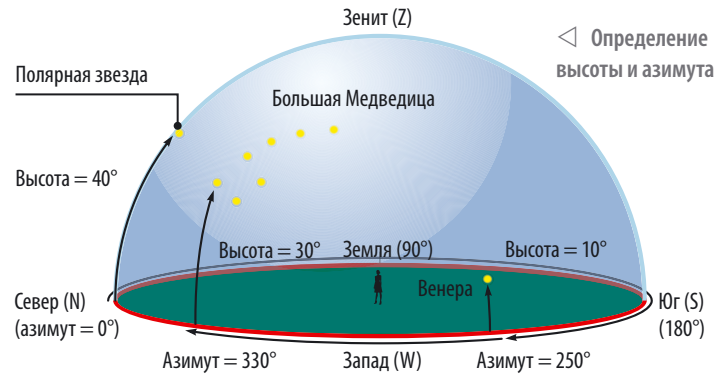
С древних времен для описания положения светил на небе используется понятие «небесная сфера». Это воображаемая сфера произвольного радиуса, на нее проецируются Солнце, Луна, звезды и другие небесные тела. Благодаря вращению Земли нам кажется, что небесная сфера вместе со светилами вращается вокруг полюсов мира — проекций земных полюсов. Есть на ней и небесный экватор — проекция земного.

На угол  $23,5^\circ$  от вертикали Земля наклонена в своем движении вокруг Солнца



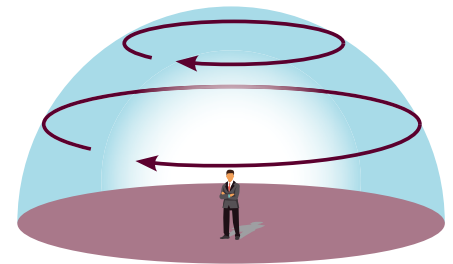
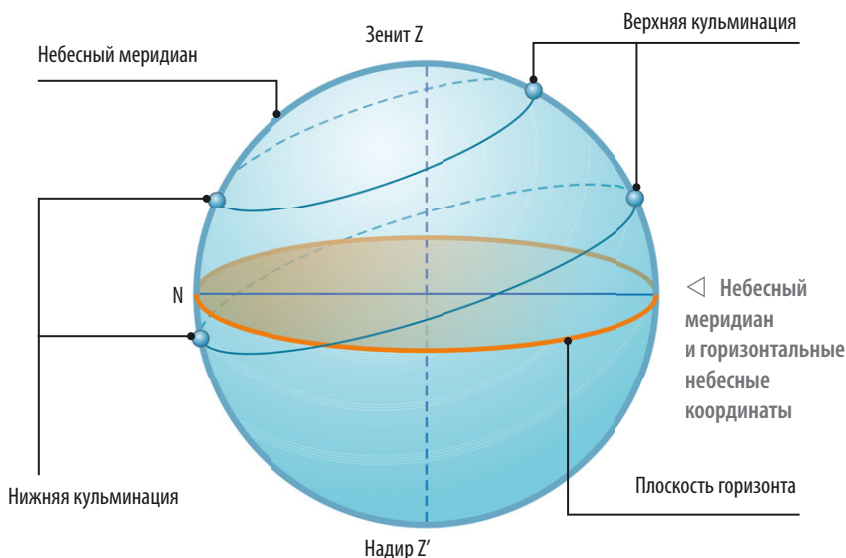
△ Небесная сфера и экваториальные небесные координаты

На небесной сфере мы видим проекцию плоскости земной орбиты — эклиптику. Это большой круг, который расположен под углом  $23,5^\circ$  к небесному экватору, ведь земной экватор наклонен к плоскости земной орбиты именно на такой угол. Земля движется по орбите вокруг Солнца, а нам кажется, что по линии эклиптики перемещается Солнце, обходя ее за год. Небесный экватор пересекается с эклипстикой в точках весеннего и осеннего равноденствия, а наибольшее расстояние между ними — в точках летнего и зимнего солнцестояния. Эклиптика проходит по зодиакальным созвездиям.

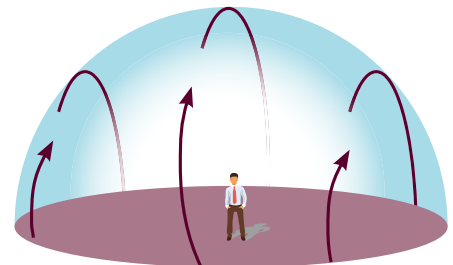


## ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ И ЭКВАТОРИАЛЬНЫЕ НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ

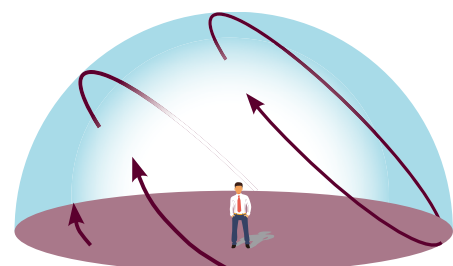
Простейшая система астрономических координат — горизонтальная. Ее основная плоскость (математического горизонта) разделяет сферу на два полушария — видимое и невидимое. От этой плоскости отсчитывается высота светила. Другая координата — азимут, угол между точкой юга (S) и направлением на светило. Точка прямо над головой наблюдателя (высота  $90^\circ$ ) — зенит Z, под ногами ( $-90^\circ$ ) — надир Z'. Большой круг, который проходит через точки севера и юга, зенита и надира, называется небесным меридианом. Светила, пересекающие его, находятся выше всего (верхняя кульминация) или ниже всего над горизонтом (нижняя кульминация). Горизонтальная система координат неустойчива. Светила движутся в суточном вращении, потому их высота и азимут меняются. Экваториальные небесные координаты схожи с географическими. Склонение — аналог земной широты — отсчитывается от небесного экватора к полюсу мира. Как и широта, измеряется в градусах. Аналог земной широты — прямое восхождение. Оно отсчитывается от точки весеннего равноденствия в направлении, противоположном суточному вращению неба. Прямое восхождение по традиции измеряется в часах, минутах и секундах. Так, 1 ч соответствует повороту небесной сферы на  $15^\circ$ .



**Северный полюс**  
Полюс мира располагается над головой, небесный экватор совпадает с горизонтом. Все звезды движутся параллельно горизонту и не заходят.



**Экватор**  
Небесный экватор перпендикулярен горизонту и идет через зенит. Все звезды восходят и заходят, а полюса мира совпадают с точками севера и юга. Суточные движения светил происходят под прямым углом к горизонту.



**Средние широты**  
Небесный экватор наклонен к горизонту, наблюдателю видна часть звезд другого полушария. Окополярные звезды никогда не заходят. Остальные звезды восходят и заходят, двигаясь под углом.



# СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

“

ЗЕМЛЯ ПОКА ЕДИНСТВЕННЫЙ ИЗВЕСТНЫЙ  
МИР, ЮТЯЩИЙ ЖИЗНЬ. НАШЕМУ ВИДУ  
БОЛЬШЕ НЕКУДА ПЕРЕСЕЛЯТЬСЯ —  
ПО КРАЙНЕЙ МЕРЕ, В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ.  
ПОБЫВАТЬ — ДА. ПОСЕЛИТЬСЯ — ЕЩЕ НЕТ.  
НРАВИТСЯ ВАМ ЭТО ИЛИ НЕТ, НА ДАННЫЙ  
МОМЕНТ ЗЕМЛЯ — НАШ ДОМ.

”

*КАРЛ САГАН*

# ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

**СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА — ИМЕННО ТАК НАЗЫВАЕТСЯ НАШ КОСМИЧЕСКИЙ ДОМ — ЯВЛЯЕТСЯ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМОЙ. ПЛАНЕТЫ И БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ МАЛЫХ Тел ВРАЩАЮТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА В ОДНУ СТОРОНУ — ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ И В ОДНОЙ ПЛОСКОСТИ. ВМЕСТЕ С СОЛНЦЕМ ПЛАНЕТЫ НАШЕЙ СИСТЕМЫ ПУТЕШЕСТВУЮТ ВОКРУГ ЦЕНТРА ГАЛАКТИКИ МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ.**

В настоящее время вокруг Солнца вращаются восемь больших планет. Их орбиты устойчивы, а процесс формирования крупных тел завершен.

**Количество известных спутников планет Солнечной системы: 172**

**Количество открытых малых тел: более 600 000**

**Количество открытых комет: более 3200**

▽ Формирование Солнечной системы

**1 Газопылевое облако**  
Солнечная система сформировалась из газопылевого облака около 4,57 млрд лет назад.

**2 Рождение Солнца**  
Эволюция Солнечной системы началась одновременно с рождением Солнца — центральной звезды, которая вместе с планетами образовалась из одной газопылевой туманности диаметром несколько световых лет. Под действием собственной гравитации эта туманность сжималась, а газ и пыль вращались вокруг ее центра. Постепенно сгустки вещества туманности становились зародышами крупных планетных тел, которые сталкивались, распадались, вновь сливались.

**3 Образование планет**  
Из пылевых частиц на окраинах Солнечной системы образовались газовые планеты-гиганты, а вблизи Солнца — небольшие каменные планеты.

## ДВИЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Все планеты, малые тела и другие объекты Солнечной системы вращаются вокруг Солнца, и происходит это по общим законам.

### Вращение по орбитам

Все без исключения планеты движутся по своим орбитам в одном направлении, которое совпадает с направлением вращения Солнца вокруг своей оси. Для землян им станет направление против часовой стрелки, если рассматривать Солнечную систему с Северного полюса.

### Суточное движение

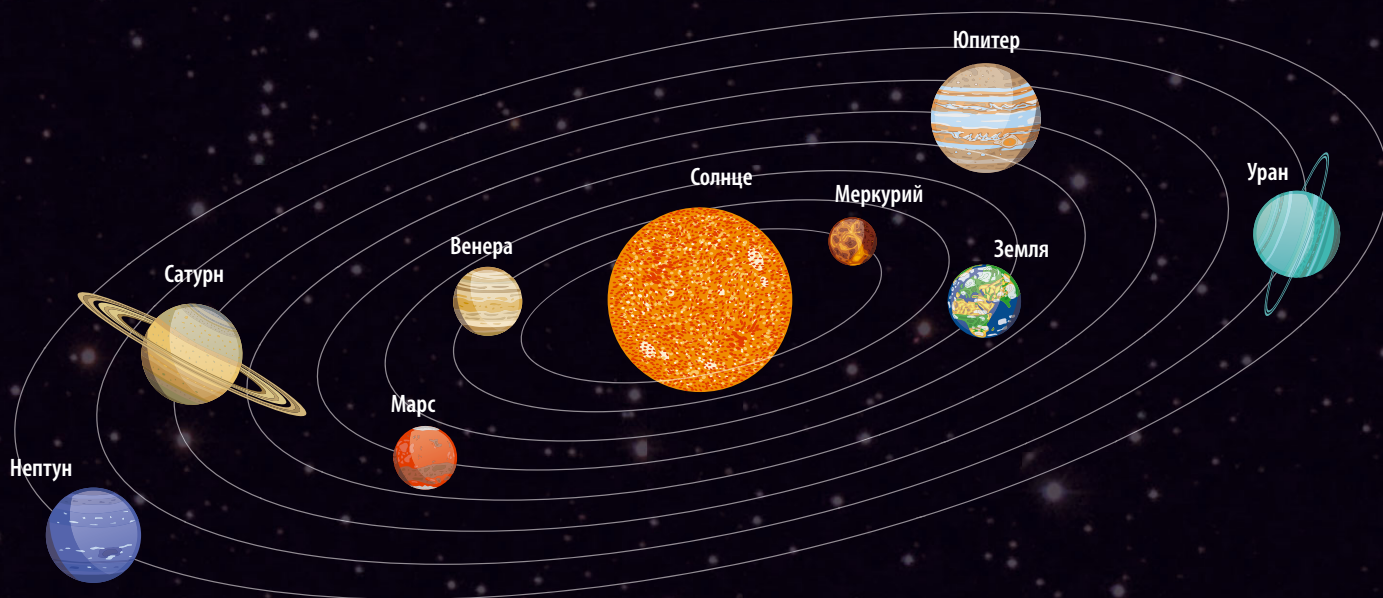
Вторая особенность вращения планет Солнечной системы связана с суточным движением, которое для большинства из них также происходит в прямом направлении с запада на восток. Лишь Уран и исключенный из числа планет Плутон вращаются, словно лежа на боку, и в обратном направлении, как и Венера.

### Плоскость орбиты

Орбиты больших планет лежат приблизительно в одной плоскости, что доказывает их общее происхождение, однако малые тела, например Плутон, многие астероиды, кометы и карликовые планеты, имеют сильно наклоненные орбиты, что является результатом сложных гравитационных взаимодействий с планетами-гигантами, а иногда и признаком захвата Солнцем небесного тела из внешних областей Галактики.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Не исключено, что некоторые планеты молодой Солнечной системы оказались на гравитационно неустойчивых орбитах и были выброшены в межзвездное пространство или поглощены Солнцем. В последнее время стали известны подобные случаи поглощения. Компьютерные модели подтверждают возможность существования планет-«сирот», свободно странствующих между звездами.



△ Траектория движения планет Солнечной системы

## СОСТАВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнечная система имеет крайне сложную структуру и состоит, по последним данным, из восьми планет, относящихся к крупным объектам, и множества более мелких объектов: астероидов, комет, карликовых планет.

### Пояс астероидов

Пояс астероидов расположен между орбитами Марса и Юпитера. Астероиды — тела неправильной формы размером от нескольких метров до сотен километров. Считается, что это остатки протопланетного облака, не слившиеся в планету из-за мощной гравитации близкого Юпитера. Открыто около 400 000 астероидов.



### Планеты земной группы

Меркурий, Венера, Земля и Марс — это планеты, которые образованы из каменных пород и находятся относительно близко к Солнцу. В их составе много силикатов, металлического железа, кремния и других тяжелых элементов. Считается, что каменные планеты благоприятны для развития жизни, поэтому их активно ищут у других звезд. У планет земной группы мало спутников (один у Земли и два у Марса).

### Крупнейшие из известных транснептуновых объектов

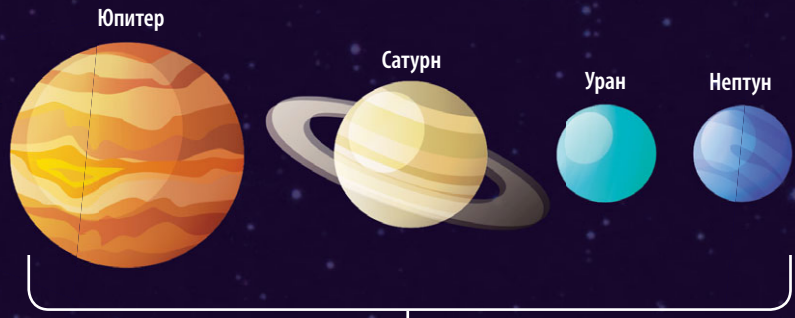


### Карликовые планеты

Почти все ныне известные карликовые планеты, за исключением Цереры, которая больше не считается астероидом, располагаются за орбитой Нептуна. К ним относят и Плутона. Карликовые планеты отличаются от астероидов шарообразной формой, а от планет — маленькими размерами.

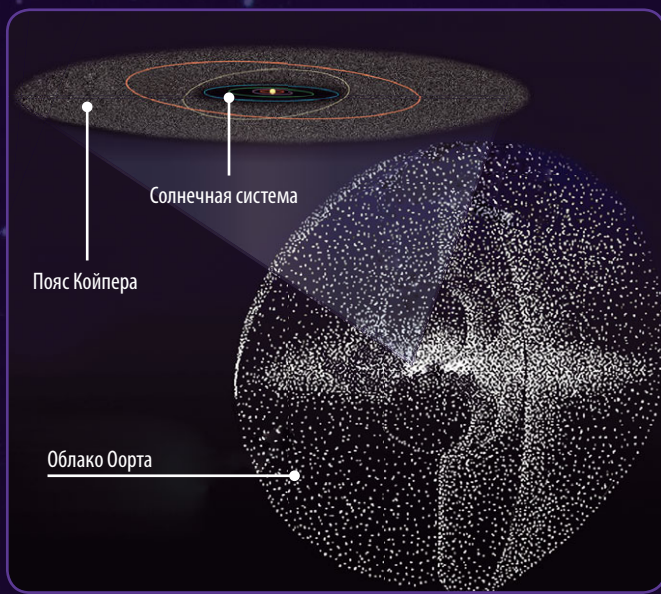
### Кометы

Кометы — ледяные тела, движущиеся по сильно вытянутым орбитам. При приближении к Солнцу они начинают испаряться и выделять в пространство газы, водяной пар и пыль, которые образуют длинные хвосты комет. Многие кометы имеют очень большие периоды обращения и прилетают из отдаленных районов Солнечной системы.



### Планеты-гиганты

Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун состоят в основном из водорода, гелия, аммиака, метана и других легких элементов. Большая часть их объема — это плотная газовая оболочка, внутри могут быть слои жидкого или металлического водорода, а также твердое каменное или металлическое ядро, объем которого невелик по сравнению с объемом всей планеты. У всех планет-гигантов в Солнечной системе много спутников и есть системы колец. Большинство обнаруженных экзопланет тоже относится к планетам-гигантам.



### Облако Оорта

Гипотетическая сферическая область Солнечной системы. Считается, что отсюда прилетают долгопериодические (с периодами в тысячи лет) кометы. Предполагаемое расстояние от Солнца до внешних границ облака Оорта составляет от 50 000 до 100 000 а. е. — примерно, в среднем световой год.

### Пояс Койпера

Пояс астероидов и карликовых планет Солнечной системы, лежащий за орбитой Нептуна.



# СОЛНЦЕ

**СОЛНЦУ ЗЕМЛЯНЕ ОБЯЗАНЫ СВОИМ СУЩЕСТВОВАНИЕМ, ВЕДЬ ВОКРУГ НЕГО ОБРАЗОВАЛАСЬ НАША ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА, А НА ОДНОЙ ИЗ ПЛАНЕТ ЗАРОДИЛАСЬ ЖИЗНЬ. НА ПРОТЯЖЕНИИ МИЛЛИАРДОВ ЛЕТ СОЛНЦЕ С УДИВИТЕЛЬНЫМ ПОСТОЯНСТВОМ ОБЕСПЕЧИВАЕТ НАШУ ПЛАНЕТУ СВЕТОМ И ТЕПЛОМ, ПОЗВОЛЯЯ ВОДЕ НАХОДИТЬСЯ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ. ОНО ЗА 1 С ИЗЛУЧАЕТ БОЛЬШЕ ЭНЕРГИИ, ЧЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ВЫРАБОТАЛО ЗА ВСЮ СВОЮ ИСТОРИЮ, А ТЕМПЕРАТУРА ЕГО ПОВЕРХНОСТИ СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО 6000 К.**

**Тип:** желтый карлик

**Средний диаметр:**  $1,392 \cdot 10^9$  м  
(109 диаметров Земли)

**Масса:**  $1,9891 \cdot 10^{30}$  кг (332 982 массы Земли)

## НАША ЗВЕЗДА

Солнце — огромный газовый шар, в центре которого постоянно происходят ядерные реакции. Основная доля массы Солнечной системы сосредоточена в нашем светиле (99,8%), именно поэтому оно удерживает притяжением все объекты системы размером более 60 млрд км.

Солнце — желтая звезда, принадлежащая к так называемым желтым карликам. По меркам Вселенной она не слишком велика, не очень горяча и не очень стара. Диаметр Солнца равен 109 диаметрам Земли, площадь составляет 11 917,607 площади Земли, объем больше земного в 1 301 018,805 раза, а масса — в 332 982 раза.

**НАШЕМУ СОЛНЦУ ОТВЕДЕНО ОКОЛО 10 МЛРД ЛЕТ, ИЗ КОТОРЫХ 4,5 УЖЕ ПРОЖИТЫ.**





△ Рождение и этапы развития звезды желтый карлик

## ЭВОЛЮЦИЯ СОЛНЦА

Солнце родилось из газопылевой туманности около 4,5 млрд лет назад. Наша звезда, как и большинство других, вырабатывает энергию за счет происходящих в ее недрах термоядерных реакций, прежде всего превращения водорода в гелий. Время жизни звезды напрямую зависит от ее массы: чем больше звезда, тем короче ее жизнь. Когда водородное топливо иссякнет, ядерные процессы кардинально изменятся — начнется эра колоссальных взрывных превращений, сопровождаемых гибелью внутренних планет.

Солнце как типичный желтый карлик через несколько миллиардов лет превратится в красного гиганта. В эту эпоху солнечная атмосфера достигнет земной орбиты, а затем постепенно рассеется, и на месте нашего светила останется его оголенное белое ядро — белый карлик. Слабый холодный свет этого солнечного остатка будет высвечивать запасы энергии еще миллиарды лет, пока полностью не превратится в невидимый остывший объект.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Наше светило стремительно направляется в центр созвездия Геркулес, одновременно вращаясь вокруг центра нашей Галактики — Млечного Пути — со скоростью более 200 км/с. Надо отметить, что Солнечная система расположена в 26 000 св. лет от центра Галактики. В мире относительных движений мы каждую минуту вращаемся с поверхностью Земли со скоростью 23 км/с, несемся со скоростью 30 км/с по земной орбите и летим со скоростью 230 км/с по галактическим просторам.



◁ Земля по сравнению с Солнцем

## СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

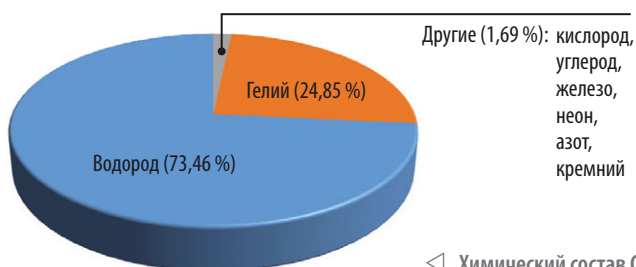
Газовый шар нашей звезды состоит из нескольких слоев с убывающей от центра плотностью. Внутри него протекают сложнейшие физико-химические процессы и выделяется колоссальное количество энергии. Солнечное излучение поддерживает жизнь на Земле, определяет на ней климат.

### Ядро

В центре Солнца — ядре — расположен пусковой механизм, инициирующий непрерывные термоядерные процессы невероятной силы. Здесь происходит постоянное превращение водорода в гелий, в результате чего выделяется колоссальное количество энергии, заставляющее звезду излучать ярчайшие потоки света. Эта зона самая плотная и горячая. Температура здесь достигает 15 млн К. Несмотря на огромную плотность вещества, в тысячи раз превосходящую самые твердые металлы, ядро пребывает в жидком состоянии. Остальные слои звезды разогреты под действием этих термоядерных реакций. Примечательно, что разные слои Солнца вращаются вокруг центральной оси с различной скоростью, быстрее всего — ядро, которое занимает около 25 % общего объема звезды.

### Зона лучистого переноса

К ядру примыкает зона лучистого переноса энергии. Верхняя ее граница простирается до 0,7 радиуса Солнца. Температура составляет от 7 млн К (вблизи ядра) до 2 млн К. Здесь происходит перемещение фотонов (частиц света или другой энергии) из ядра в более высокие слои. Перенос энергии осуществляется не конвекционным способом (перемешиванием вещества), а путем поглощения и излучения фотонов. Поскольку каждый фотон испускается и поглощается множество раз в самых разнообразных направлениях, его путь к поверхности Солнца может занять миллионы лет!



◀ Химический состав Солнца

△ Внутреннее строение Солнца

### Зона конвекции

Эта область занимает довольно большой объем (около  $\frac{2}{3}$ ) Солнца и простирается вплоть до его фотосферы. Из-за обширных размеров слоя температура и плотность вещества в ближайших к центру районах и у поверхности значительно разнятся между собой, поэтому процессы, происходящие в конвективной зоне, напоминают постоянное закипание воды, когда холодные потоки под своей тяжестью устремляются вниз, замещаясь более горячими. Вертикальная скорость потока составляет 1–2 км/с (иногда до 6 км/с). Следы этих процессов мы видим на поверхности Солнца. Температура падает примерно до 6000 К, а плотность вещества у поверхности — менее  $\frac{1}{1000}$  плотности земного воздуха.

5600 °C

9 000 000 °C

15 000 000 °C

### Фотосфера

Солнце, как и все звезды, — это газовый шар, а его наблюдаемая поверхность является, по сути, границей его атмосферы. Видимый светящийся слой солнечной атмосферы называется фотосферой.

### Хромосфера

При полном солнечном затмении можно увидеть слой солнечной атмосферы — хромосферы — как красную полосу. Ее в свою очередь окружает протяженный внешний слой — солнечная корона, видимая как серебристо-жемчужное сияние. Корона очень горячая, поскольку нагрета до температуры в миллионы К и состоит из вещества, истекающего под действием ударных волн из конвективной зоны.

**200 000 ЛЕТ ТРЕБУЕТСЯ ФОТОНУ,  
ЧТОБЫ ВЫБРАТЬСЯ ИЗ ЯДРА СОЛНЦА  
И ДОСТИЧЬ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ.**

### ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО

Солнце — ближайшая к Земле звезда, чей видимый диск различим невооруженным глазом. Цвет светила желто-оранжевый, и наблюдаем мы его таким из-за излучения отрицательных ионов водорода. При погружении в глубины фотосферы быстро теряется ее прозрачность, и именно поэтому доступный зрению край Солнца кажется довольно резким.

## СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Солнце — это бурлящий и изменчивый газовый шар. У него нет твердой поверхности, и на нем происходят постоянные изменения: вздымаются вверх протуберанцы, возникают и исчезают пятна, вспышки, корональные выбросы... Все эти явления объединяет одно понятие — солнечная активность.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Наиболее выраженный и изученный цикл солнечной активности составляет 11 лет (он также называется циклом Шваббе — Вольфа). В среднем за 4 года на светиле увеличивается число пятен, а затем за 7 — уменьшается. Подсчет солнечных циклов ведется с 1755 года, и в настоящий момент их 24 (последний начался в 2009 году). Выделяют также более длительные циклы продолжительностью 22, 87, 210, 2300 и 6000 лет. Ученые считают, что активность Солнца во второй половине XX века была максимальной за последние 1150 лет.

### Протуберанцы

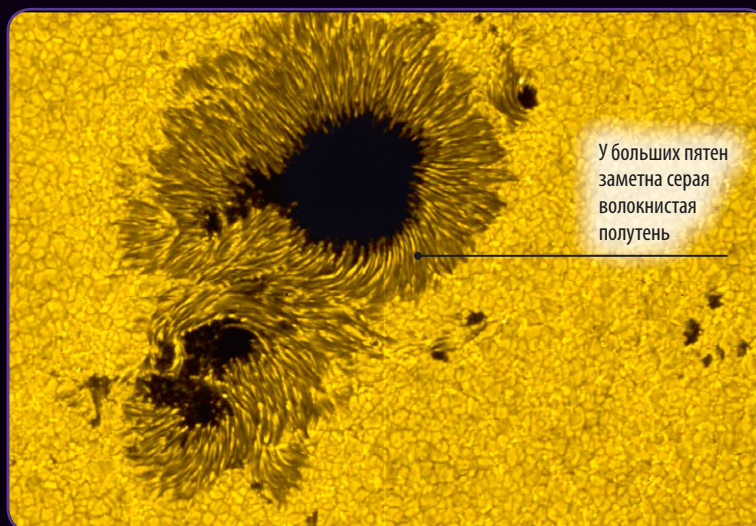
Протуберанцы — это выбросы относительно холодного (по сравнению с солнечной поверхностью) вещества солнечной плазмы. Они поднимаются и удерживаются над поверхностью Солнца магнитным полем. Визуально без помощи специальных приборов это явление можно увидеть лишь во время полного солнечного затмения, когда протуберанцы выделяются розовым цветом по краям черного диска Луны, закрывшего Солнце. Вне затмения наблюдаются спектроскопическими методами, с помощью коронографов и других приборов.

▽ Протуберанец — гигантский выброс солнечной плазмы



### Солнечные пятна как индикатор активности

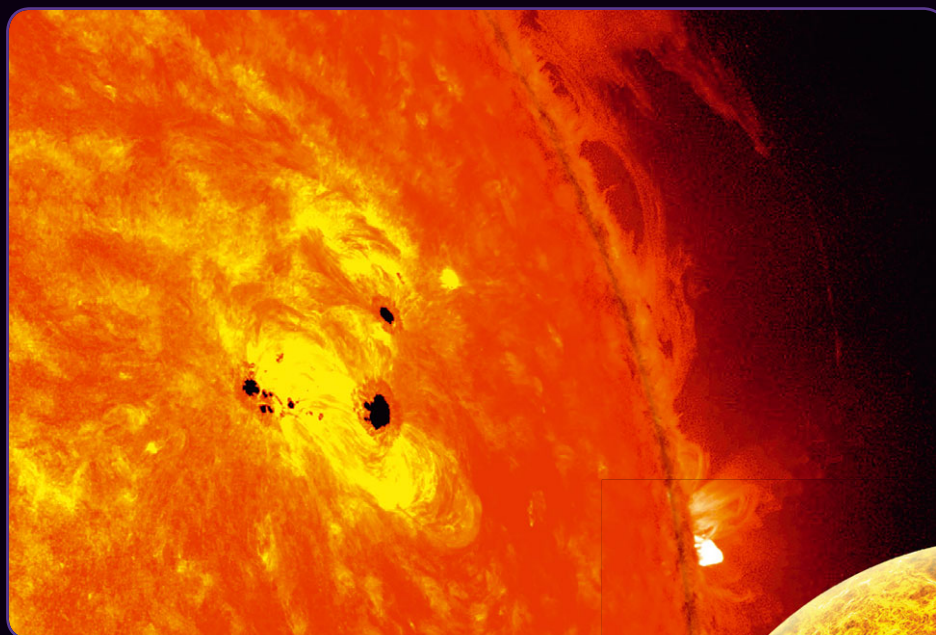
На ослепительной поверхности нашей звезды, вооружившись телескопом с защитной пленкой, можно рассмотреть темные пятна. Это участки солнечной поверхности, через которые проходят сильные магнитные поля. Они препятствуют тепловому перемешиванию вещества, из-за чего данные области примерно на 2000 К холоднее, чем остальная поверхность Солнца, и выглядят по контрасту с ней черными пятнами, хотя в действительности имеют темно-оранжевый цвет и температура в них достигает 4500 К.



У больших пятен заметна серая волокнистая полутьнь

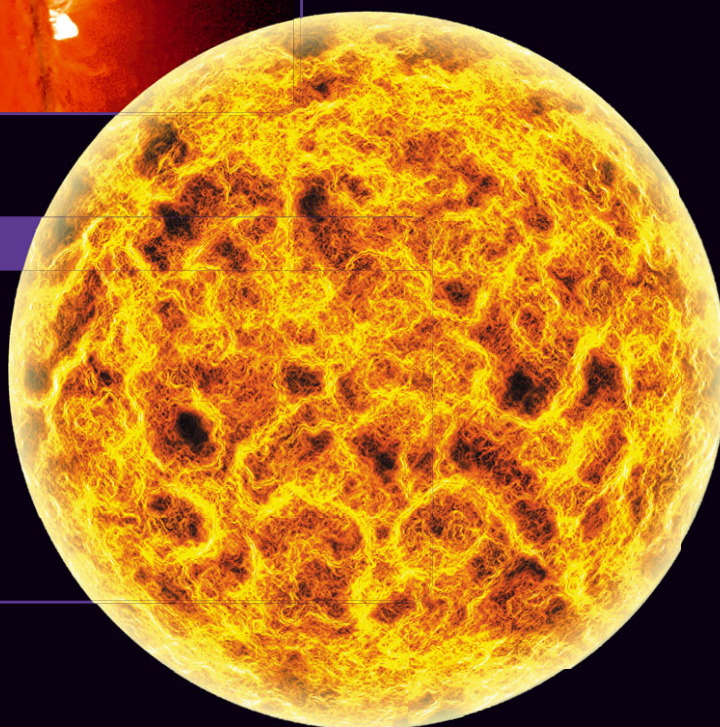
△ Большие и мелкие солнечные пятна

◁ Два пятна на Солнце, появившиеся 19–20 февраля 2013 года



### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Солнце главным образом состоит из водорода и гелия. В центральных областях светила температура достигает значений около 13 млн градусов. В подобных условиях солнечное вещество совсем не похоже на обычный разогретый газ. Стремительно сталкивающиеся атомы срывают с себя внешние электронные оболочки и превращаются в ионы. Подобная смесь атомных осколков из ядер и электронов называется плазмой.



## МЕЖПЛАНЕТНАЯ СРЕДА

Пространство внутри Солнечной системы от короны светила до границ гелиосферы заполнено веществом и различными полями, которые образуют межпланетную среду. По большей части межпланетная среда состоит из солнечного ветра, межпланетных магнитного поля и пыли, космических лучей, нейтрального газа, электромагнитного излучения. Она играет ключевую роль в формировании космической погоды.

Понятие космической погоды описывает солнечно-земные связи и взаимодействия, включающие такие явления, как солнечная и геомагнитная активность, влияние на технику (радиопомехи, радиационная обстановка) и людей.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Влияние солнечной энергии на земную поверхность прекрасно демонстрируют полные солнечные затмения, в пике которых резко снижается температура, поднимается ветер — все это происходит за несколько минут.

### Солнечный ветер

Солнце испускает в космическое пространство вокруг себя мощный поток ионизированных частиц — в основном гелиево-водородной плазмы. Скорость этих частиц достигает 300–1200 км/с. Это явление получило название «солнечный ветер». Достигая Земли, частицы солнечного ветра возмущают ее магнитное поле, вызывая на нашей планете магнитные бури и полярные сияния.

Северный магнитный  
полюс

Планетарные ионные токи

Южный  
магнитный полюс

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Такое красивое природное явление, как полярное сияние, физически объясняется столкновением верхних слоев земной атмосферы с сильным потоком ионизированных частиц солнечного ветра. Его можно наблюдать и на других космических объектах, обладающих сильным магнитным полем, например на Сатурне, Юпитере и Венере. Мы привыкли называть сияния северными, но они могут происходить и на Южном полюсе нашей планеты.



# ИЗУЧЕНИЕ СОЛНЦА

**В ТЕЧЕНИЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА О СОЛНЦЕ ПРЕТЕРПЕЛИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ — ОТ БОЖЕСТВА ДО РАСКАЛЕННОГО ГАЗОВОГО ШАРА, ВОКРУГ КОТОРОГО ДВИЖУТСЯ ПЛАНЕТЫ. ДРЕВНИЕ ЛЮДИ СЧИТАЛИ, ЧТО СОЛНЦЕ ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ ЗЕМЛИ, И ТОЛЬКО В 1543 ГОДУ КОПЕРНИК ВЫДВИНУЛ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ МИРА. ПОЗДНЕЕ ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА ПОЗВОЛИЛА ПОНЯТЬ, ЧТО ОГРОМНУЮ МАССУ СОЛНЦА МОЖНО ВЫЧИСЛИТЬ, А АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН В НАЧАЛЕ XX ВЕКА ОБЪЯСНИЛ, КАК СОЛНЦЕ МОЖЕТ СΙΑТЬ МИЛЛИАРДЫ ЛЕТ БЕЗ ТОПЛИВА.**

ДО Н.Э.

Н.Э.

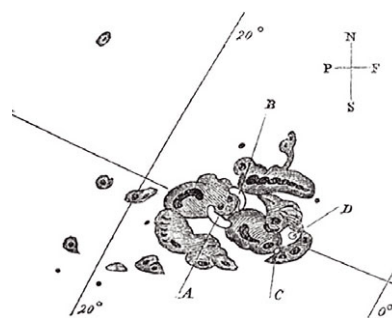
▶ 364

Китайский астроном Ши Шэнь предположил, что солнечные затмения связаны с Луной.



◀ Джозеф Норман Локьер

▶ Пятна на Солнце, зарисованные Ричардом Керрингтоном

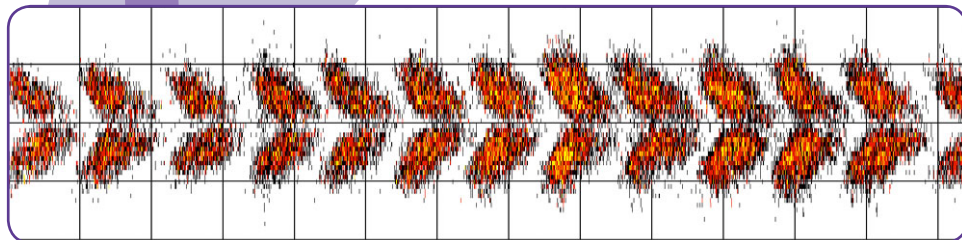


◀ 1868

Английский астроном Джозеф Локьер обнаружил неизвестный элемент в спектре Солнца и назвал его гелием по имени греческого бога солнца Гелиоса. На Земле элемент был обнаружен только спустя 27 лет.

◀ 1859

Английский астроном Ричард Кристофер Керрингтон впервые зафиксировал солнечную вспышку. Вызванная ею геомагнитная буря создала полярные сияния, которые можно было наблюдать на Гавайях и в Карибском бассейне.



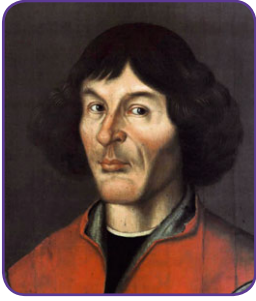
◀ Современная версия диаграммы «бабочка Маундера»

▶ 1904

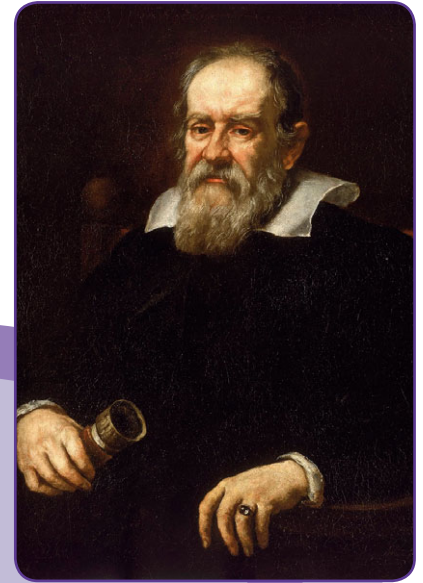
Английский астроном Эдвард Маундер выявил особенности появления пятен на Солнце и опубликовал данные в виде диаграммы («бабочки Маундера»). Она показывает, что солнечные пятна увеличиваются в количестве и двигаются в направлении солнечного экватора, когда цикл солнечной активности приближается к своему пику.

▶ 1919

Британский физик Артур Эддингтон сфотографировал солнечное затмение из Принсипе в Западной Африке. Его кадры захватывают позиции звезд вблизи Солнца и подтверждают общую теорию относительности Эйнштейна, показывая отклонение солнечных лучей.



◀ Николай Коперник



▶ Галилео Галилей

▶ 1543

В Нюрнберге опубликован труд Николая Коперника «О вращении небесных сфер», в котором взамен общепризнанной на тот момент геоцентрической модели мира Птолемея была предложена гелиоцентрическая модель: Солнце — центр Вселенной, а планеты движутся вокруг него.

▶ 1609

Благодаря изобретению телескопа Галилео Галилей, Кристоф Шейнер и другие астрономы смогли впервые четко наблюдать солнечные пятна. Наблюдения Галилея Юпитера и Венеры подтвердили идею Коперника о строении Солнечной системы.

▶ Уильям Хайд Волластон

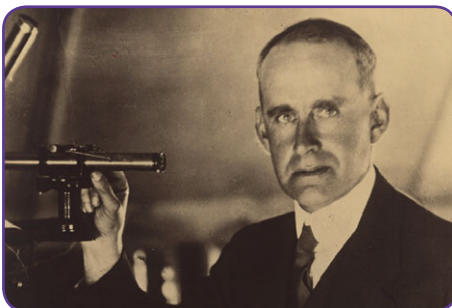


▶ 1843

Немецкий астроном Самуэль Генрих Швабе опубликовал свои работы после 17-летнего изучения пятен на Солнце с первоначальной целью обнаружить гипотетическую планету Вулкан, где ученый отмечает, что число пятен на Солнце циклически изменяется.

▶ 1802

Английский химик Уильям Волластон открыл линии поглощения в спектре света от Солнца. Позже было обнаружено, что они обусловлены химическими элементами Солнца, и были использованы для определения его состава.



▶ Артур Стэнли Эддингтон



▶ Общий вид кометы: кома и хвост

▶ 1920

В своем обращении к Британской ассоциации содействия развитию науки Артур Эддингтон корректно предположил, что энергия Солнца создается ядерными процессами, происходящими в его ядре.

▶ 1951

Немецкий астроном Людвиг Франц Бирманн, наблюдая за кометами, заметил, что их хвосты всегда направлены от Солнца, и предположил, что наше светило испускает постоянный поток частиц (солнечный ветер).

# МИССИИ К СОЛНЦУ

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ НАБЛЮДАЮТ ЗА СОЛНЦЕМ ПО-РАЗНОМУ: ОДНИ С ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЫ, ДРУГИЕ ВРАЩАЮТСЯ ВОКРУГ НЕГО ПО РАЗНЫМ ОРБИТАМ. ИНОГДА НАБЛЮДЕНИЕ ВЕДЕТСЯ ПО ПУТИ К ПЛАНЕТАМ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И ДРУГИМ ПУНКТАМ НАЗНАЧЕНИЯ.

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ SOHO И GENESIS ДВИЖУТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА В ТОЧКЕ ЛАГРАНЖА НА РАССТОЯНИИ ОКОЛО 1,5 МЛН КМ ОТ ЗЕМЛИ.

ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ОРБИТА ТОЧКИ ЛАГРАНЖА

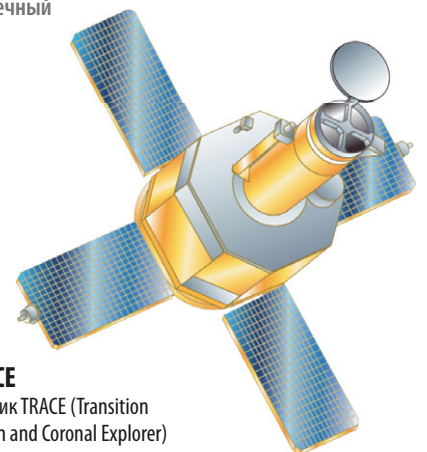
1960	«Пионер-5»	
1965	«Пионер-6»	
1966	«Пионер-7»	
1967	«Пионер-8»	
1968	«Пионер-9»	
1973	«Скайлэб»	○
1974	«Гелиос-А»	
1976	«Гелиос-Б»	
1980	Solar Maximum Mission	○
1990	«Улисс»	
1991	Yohkoh	○
1995	SOHO	○
2001	Genesis	○
2006	STEREO A	
2006	STEREO B	
2006	Hinode	○
2010	SDO	○
План	Solar Probe Plus	

△ Запуск зонда Solar Probe Plus запланирован на 2018 год. Аппарат приблизится к поверхности Солнца на самое близкое расстояние, которое когда-либо было достигнуто другими аппаратами, — до 10 солнечных радиусов. Научные задачи: определение структуры и динамики магнитных полей в источниках солнечного ветра; выявление уровня энергии короны и ускорения солнечного ветра; изучение частиц плазмы около Солнца и их воздействие на солнечный ветер и образование энергетических частиц и др.



## «Гелиос-А» и «Гелиос-Б»









Задачей двух космических аппаратов «Гелиос» было изучение солнечного ветра и магнетизма. Они были запущены на высокоэксцентрическую орбиту, на которой гравитация огибаемого тела (в данном случае Солнца) обладает значительным эффектом. В результате «Гелиос-Б» стал самым быстрым объектом, созданным человеком. В самой дальней точке от Солнца (около 150 млн км, на таком же расстоянии вокруг него вращается Земля) он показал скорость 72 985 км/ч, а в самой ближней (50 млн км, в пределах орбиты Меркурия) — 241 350 км/ч. К началу 1980-х годов оба аппарата завершили свои первые миссии, но продолжали передавать данные до 1985 года. Сейчас они не функционируют, но остаются на своих орбитах вокруг Солнца.



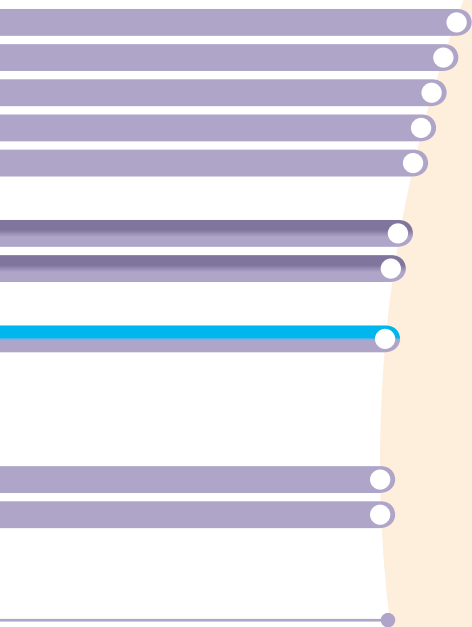
## TRACE

Спутник TRACE (Transition Region and Coronal Explorer) был запущен для изучения верхней атмосферы Солнца.

## ЛЕГЕНДА

	НАСА (США)		Совместная миссия НАСА и Германии
	Германия		Совместная миссия НАСА и ЕКА
	ЈАХА (Япония)		Успех
	ЕКА (Европа)		Цель полета

## ОРБИТАЛЬНЫЙ АППАРАТ

**Genesis**

Задача космического аппарата заключалась в сборе образцов солнечного ветра. Это было осуществлено в 2004 году, что стало второй миссией НАТО по доставке образцов из космоса на Землю после возвращения астронавтов «Аполлон-17» с лунными камнями в 1972 году. Правда, не обошлось без инцидента. Genesis потерпел крушение при приземлении, однако образцы материалов удалось спасти.

**SOHO**

Солнечная и гелиосферная обсерватория (SOHO) была первой из современного поколения солнечных обсерваторий. Созданная в 1995 году, она действует до сих пор. Было передано множество впечатляющих снимков суровой погоды Солнца, хромосферы и короны, которые сделаны с солнечной орбиты. Во время наблюдения SOHO обнаружила свыше 2000 околосолнечных комет.



# МЕРКУРИЙ ♀

**ЭТО САМАЯ МАЛЕНЬКАЯ ИЗ БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ОБОРОТ ВОКРУГ СОЛНЦА ОНА СОВЕРШАЕТ ЗА ТРИ ЗЕМНЫХ МЕСЯЦА. ПОВЕРХНОСТЬ ПЛАНЕТЫ СКАЛИСТА, ПОКРЫТА КРАТЕРАМИ. ОНА ТО РАСКАЛЯЕТСЯ ДО 400 °С СОЛНЕЧНЫМИ ЛУЧАМИ, ТО ОХЛАЖДАЕТСЯ ДО -200 °С. ЗДЕСЬ КРАЙНЕ РАЗРЕЖЕННАЯ АТМОСФЕРА, В 500 МЛРД РАЗ МЕНЕЕ ПЛОТНАЯ, ЧЕМ У ЗЕМЛИ.**

**Тип:** планета земной группы

**Год:** 87,9 дня

**Сутки:** 58,6 дня (1407,5 ч)

**Среднее расстояние от Солнца:** 57 909 068 км (0,4 а. е.)

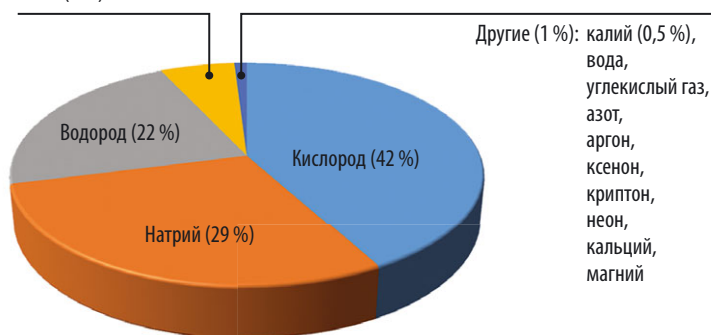
**Средний радиус:** 2439,7 км (0,4 земного)

**Масса:**  $3,33022 \cdot 10^{23}$  кг (0,06 земной)

**Атмосфера:** крайне разреженная, состав — кислород, натрий, водород и др.

**Спутники:** нет

Гелий (6 %)



**МЕРКУРИЙ — НАИМЕНЕЕ ИССЛЕДОВАННАЯ ПЛАНЕТА ЗЕМНОЙ ГРУППЫ.**

△ Состав атмосферы Меркурия

## ЭТО ИНТЕРЕСНО

Древнеримский бог Меркурий почитался как покровитель торговцев и путешественников. Его неизменные атрибуты — шлем с крыльями и крылатые босоножки, символизирующие быстроту перемещения. Первая от Солнца планета была названа в честь этого бога из-за самой большой скорости движения по небу.

▷ Древнеримский бог торговли Меркурий



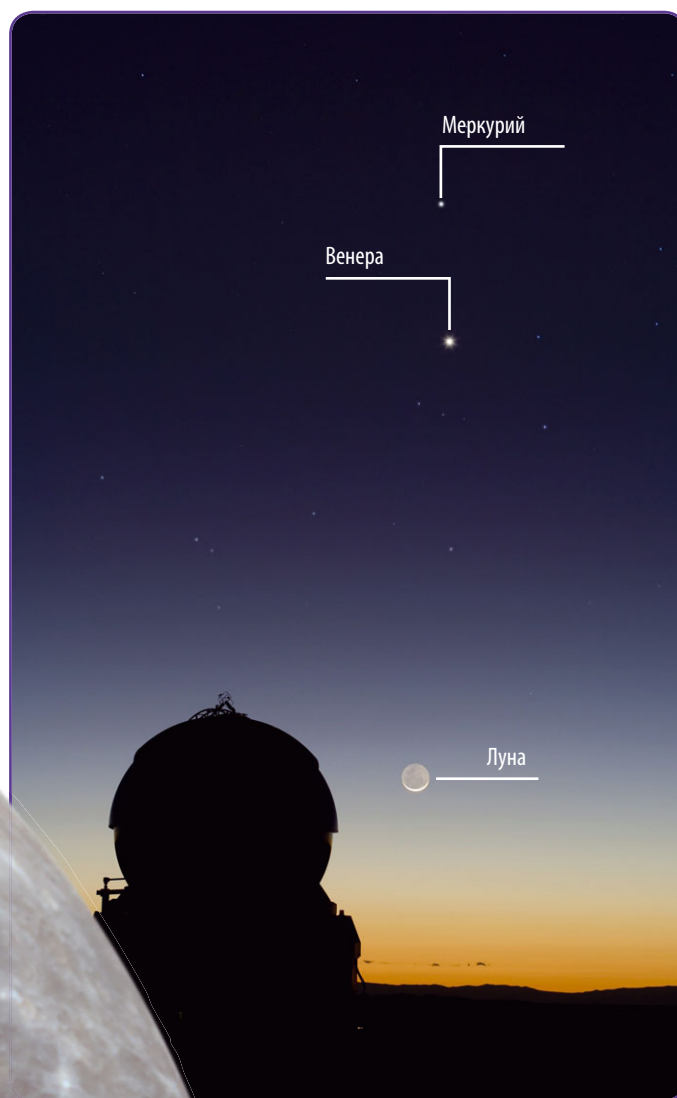


◁ Сравнительные  
размеры Меркурия  
и Земли



## ☉ НЕВИДИМКА

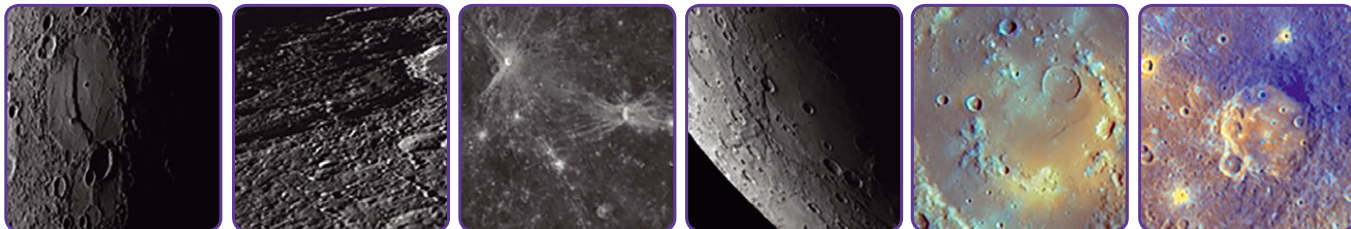
Наблюдать Меркурий с Земли, несмотря на его яркость, очень трудно: планета не отходит далеко от Солнца и теряется в лучах зари. Лучше всего делать это из тропических широт, где Меркурий поднимается выше над горизонтом. Существует легенда, что великий астроном Николай Коперник, изучая Меркурий и рассчитывая траекторию его движения, ни разу не видел планету. Ему приходилось опираться на математические расчеты и данные других ученых.



◁ Меркурий.  
Снимок АМС «Мессенджер»

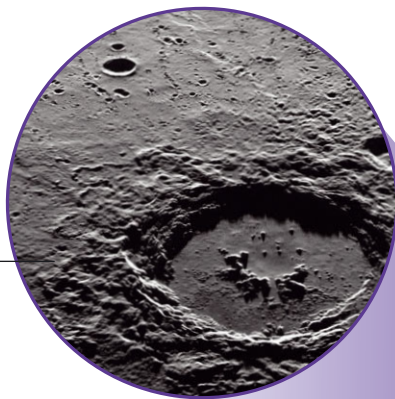
## ◎ ПОВЕРХНОСТЬ МЕРКУРИЯ

Поверхность Меркурия густо усыпана кратерами, которые, несомненно, имеют ударное происхождение. Кратеры самых разных размеров: от маленьких до гигантских диаметром в сотни километров.



### Кратер Хокусаи —

один из самых больших в Солнечной системе. Его диаметр превышает 95 км, а обломки после взрыва разлетелись на тысячи километров



### Кратеры

Кратеры Меркурия по решению Международного астрономического союза получают название в честь знаменитых архитекторов, композиторов, музыкантов, писателей, поэтов, философов, фотографов. Например, Байрон, Басе, Бетховен, Глинка, Гоген, Достоевский, Лермонтов, Мусоргский, Пушкин, Рафаэль, Рублёв, Суриков, Тургенев, Фет, Чайковский, Чехов.

### Лед посреди пекла

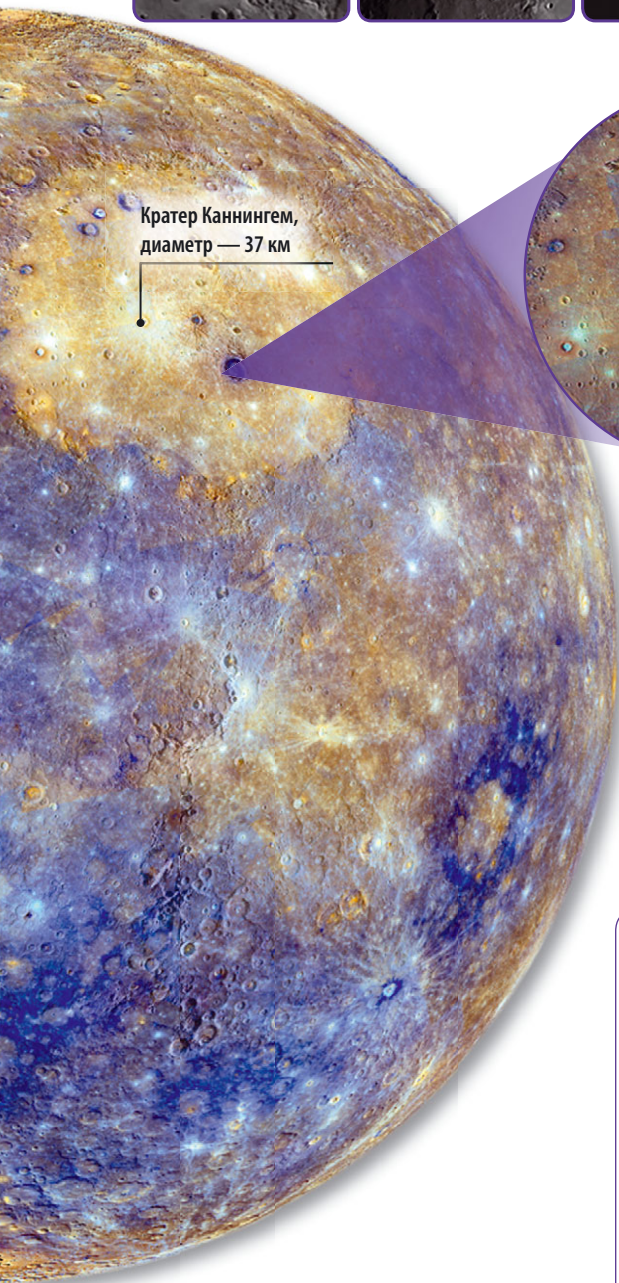
Первый кратер на Меркурии, где был обнаружен лед, носит имя известного советского композитора Сергея Прокофьева. Это местность вблизи северного полюса планеты, поэтому в глубине кратера есть участки, в которые никогда не попадает солнечный свет, там всегда стоят минусовые температуры и, несмотря на окружающую раскаленную пустыню, возможны даже залежи водяного льда.

Кратер Прокофьев,  
диаметр — 112 км

Кратер Xiao Zhao, диаметр — 23 км

▽ Полная карта поверхности Меркурия.  
Снимок АМС «Мессенджер»

▽ Снимки Меркурия, сделанные АМС «Мессенджер»



Кратер Каннингем,  
диаметр — 37 км

**Равнина Жары** —  
самая большая ударная  
структура на Меркурии

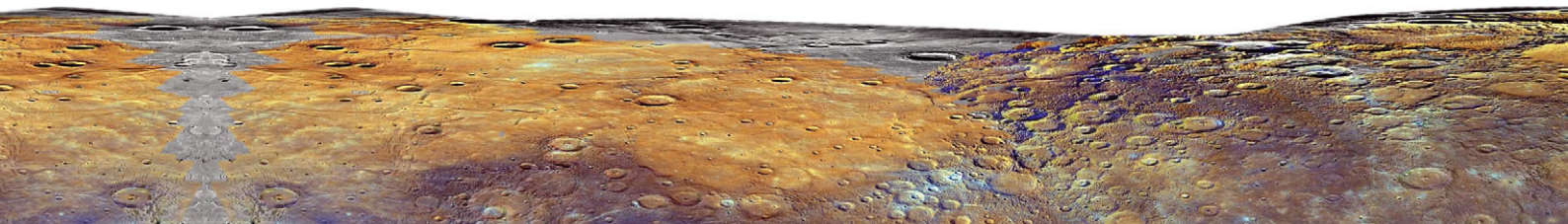
◁ Меркурий (цвета  
условные). По результатам  
АМС «Мессенджер»

### Равнины

Крупнейший объект на Меркурии диаметром около 1550 км (треть диаметра планеты) назван равниной Жары, поскольку лежит в одной из самых жарких областей планеты. Другая равнина, у северного полюса Меркурия, названа Северной равниной. Остальные подобные формирования получили название планеты Меркурий или аналога римского бога Меркурия в языках разных народов мира. Например: равнина Суйсей (планета Меркурий по-японски) и равнина Будх (планета Меркурий на хинди), равнина Собкоу (планета Меркурий у древних египтян), равнина Одина (скандинавского бога) и равнина Тир (древнее персидское название Меркурия).

### Необычные детали поверхности Меркурия

Оттенок голубого для впадин, заметных на снимках АМС «Мессенджер», обращающейся по орбите вокруг Меркурия, был специально усилен для контрастной визуализации. Подобные круглые углубления не напоминают ударные кратеры и не встречаются на Луне или иных телах Солнечной системы. По одной из гипотез, происхождение данных углублений связано с прямым испарением вещества из твердого состояния в вакуум (сублимацией), когда оно было выброшено на поверхность и нагрето во время столкновения с крупным метеоритом.

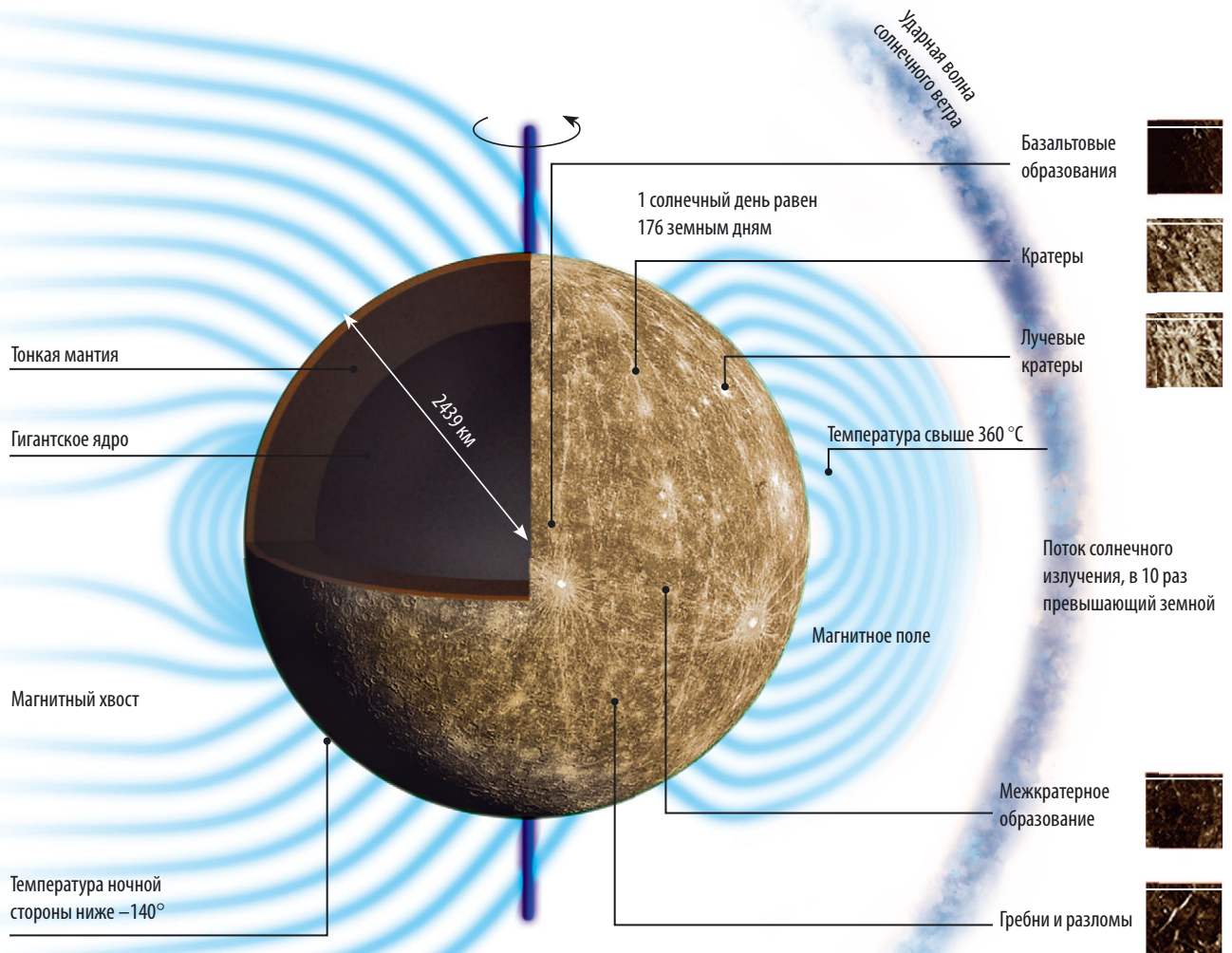




## СТРОЕНИЕ МЕРКУРИЯ

Как и другие планеты земной группы, Меркурий состоит из коры, мантии и ядра. Процентное содержание железа в его ядре выше, чем у любой другой планеты Солнечной системы. Предполагают, что вначале Меркурий имел такое же соотношение металла и силикатов, как в обычном метеорите, при гораздо большей своей массе. Однако миллиарды лет назад Меркурий столкнулся с планетоподобным телом, имеющим в шесть раз меньшую массу при диаметре 300–500 км. Этот катастрофический удар мог бы снести большую часть изначальной коры и мантии, резко увеличив долю ядра в составе планеты.

▽ Строение поверхности Меркурия, его недр и магнитного поля

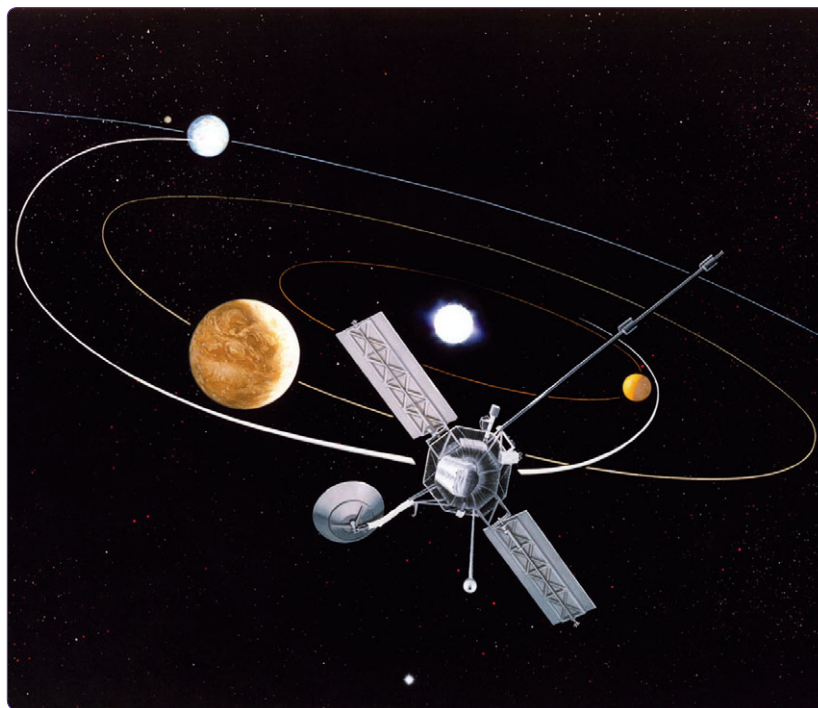


### ЭТО ИНТЕРЕСНО

С поверхности Меркурия можно наблюдать большое количество необычных астрономических явлений, связанных с тем, что его день равен трем земным годам. По этой причине, а также из-за сильно вытянутой орбиты первые космонавты, высадившиеся где-нибудь в области терминатора (границы между ночью с ее космическим холодом и днем с нестерпимой жарой), будут наблюдать Солнце, которое выйдет из-за близкого горизонта, остановится посреди небосвода, немного продвинется в обратном направлении, опять приостановится и после этого быстро опустится на другой стороне горизонта.

### Атмосфера на пределе возможного

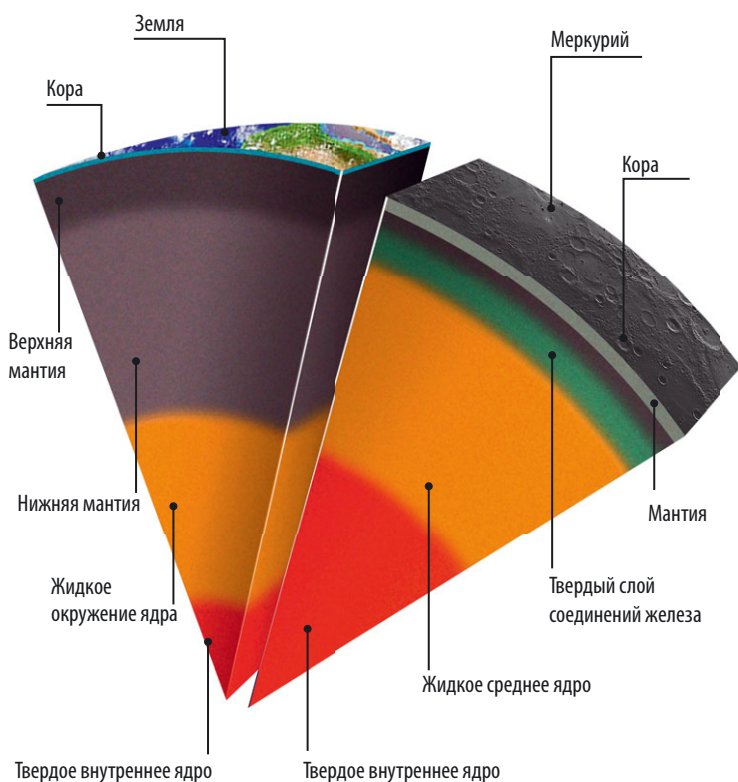
Автоматическая межпланетная станция «Маринер-10» установила наличие у планеты предельно разреженной атмосферы, давление которой в  $5 \cdot 10^{11}$  раз меньше давления земной атмосферы. Атомы в таких условиях чаще сталкиваются с поверхностью планеты, чем друг с другом. Составляют эту тончайшую газовую оболочку атомы, захваченные из солнечного ветра или выбитые солнечным ветром с поверхности, гелий, натрий, кислород, калий, аргон, водород. Среднее время жизни отдельного атома в атмосфере — около 200 суток. Водород и гелий попадают на планету с солнечным ветром и затем уходят обратно в космос. Водяные пары выделяются в результате ударов комет о поверхность планеты и образуются при взаимодействии водорода солнечного ветра и кислорода, содержащегося в оксидах пород и минералов.



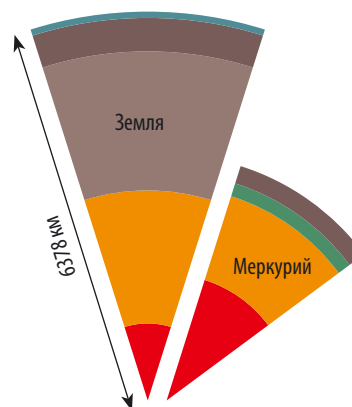
△ АМС «Маринер-10» исследовал Венеру и Меркурий

### Ядро: железное и частично жидкое

После того как космический аппарат «Маринер-10» обнаружил слабое магнитное поле, напряженность которого в 100 раз уступает земному, долгое время считалось, что в недрах Меркурия находится твердое металлическое ядро, составляющее 60 % массы планеты. Однако в последние годы радиоастрономические наблюдения показали, что особенности вращения этой планеты более характерны для жидкокристаллической структуры околоядерных слоев.



△ Сравнение внутреннего строения Меркурия и Земли



◁ Относительные размеры

# ИЗУЧЕНИЕ МЕРКУРИЯ

**МЕРКУРИЙ БЫЛ НАЗВАН В ЧЕСТЬ БЫСТРОНОГО ДРЕВНЕРОМСКОГО БОГА ПОТОМУ, ЧТО ОН ДВИЖЕТСЯ ПО НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ БЫСТРЕЕ ДРУГИХ ПЛАНЕТ. УВИДЕТЬ ПЛАНЕТУ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ ТРУДНО, ПОСКОЛЬКУ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ ОНА ВИДНА НА ФОНЕ СУМЕРЕЧНОГО НЕБА (В УТРЕННЕЙ ИЛИ ВЕЧЕРНЕЙ ЗАРЕ) И ДОВОЛЬНО НИЗКО НАД ГОРИЗОНТОМ. О МЕРКУРИИ БЫЛО ИЗВЕСТНО ЕЩЕ В ДРЕВНОСТИ. ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПЛАНЕТОЙ В ТЕЛЕСКОП ПРОВЕЛ ИТАЛЬЯНСКИЙ УЧЕНЫЙ ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ В НАЧАЛЕ XVII ВЕКА.**



◀ Вавилонская табличка

▷ Урания — покровительница астрономии в Древней Греции



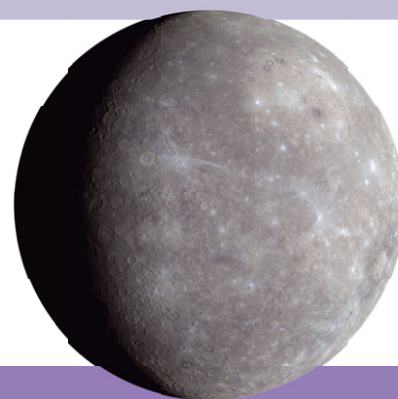
## ▶ 1000

Самая ранняя известная запись о наблюдении Меркурия на глиняных табличках «Муль апин» — каталогах небесных тел из Древнего Вавилона. Вавилоняне называли планету Набу по имени божьего посланника.

## ▶ 300–400

Греки, изначально считавшие Меркурий двумя планетами (Аполлон — на утреннем небе, Гермес — на вечернем), пришли к пониманию того, что это на самом деле одно небесное тело.

▷ Наблюдая за изменениями видимой поверхности Меркурия, Джованни Зупи сделал вывод о вращении Меркурия

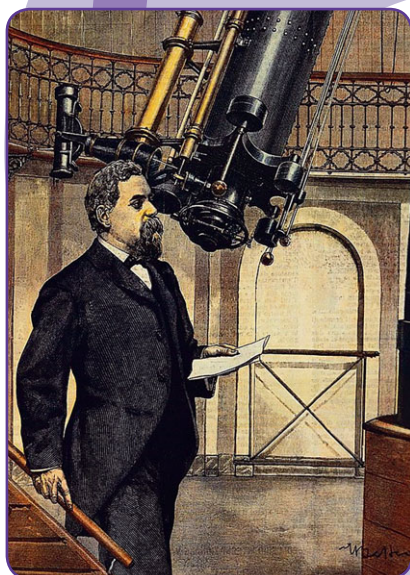


## ◀ 1737

Английский астроном Джон Бевис 28 мая 1737 года впервые в истории наблюдал покрытие Меркурия Венерой — единственный в истории зафиксированный случай.

## ◀ 1639

Итальянский астроном Джованни Батиста Зупи, наблюдая Меркурий в мощный телескоп, отметил, что планета имеет фазы, подобные лунным. Это доказывало, что Меркурий вращается вокруг Солнца, вариативность его поверхности показывала, что он располагается по отношению к Солнцу под разными углами.



◀ Джованни Вирджини Скиапарелли

▷ Владимир Александрович Котельников



## ▶ 1800-е

Итальянский астроном Джованни Скиапарелли улучшил существующую на тот момент карту Меркурия и определил, что планета делает один оборот вокруг Солнца за 88 дней. Однако он ошибочно полагал, что вращение Меркурия синхронно и он всегда обращен к Солнцу одной и той же стороной.

## ▶ 1962

Советские ученые во главе с Владимиром Котельниковым провели первые радиолокационные наблюдения Меркурия.

до н. э.

н. э.

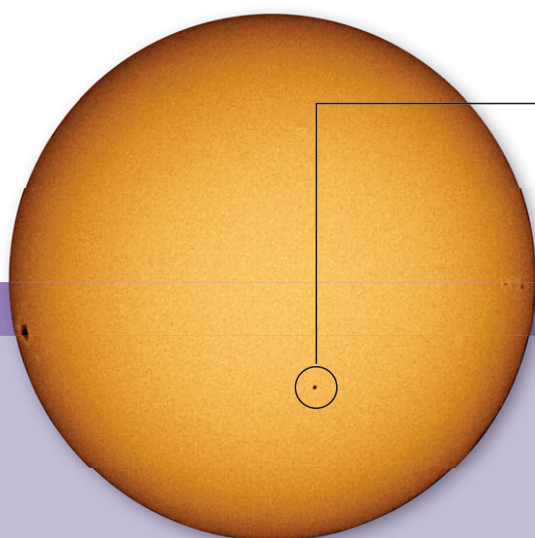
## ▶ 500–600

Оценка диаметра Меркурия в индийском трактате «Сурья-сиддханта» составляет 4842 км, что означает погрешность менее 1 % от принятого в настоящее время диаметра 4879 км. Средства достижения такой точности неизвестны.

## ▶ 1611

Галилео Галилей провел первые наблюдения Меркурия в телескоп. Ученый догадывался, что планета подобна Земле, но мощность его телескопа не позволяла увидеть, что Меркурий имеет фазы, как Венера и Луна.

▷ Галилео Галилей показывает телескоп венецианскому дожу



◁ Прохождение Меркурия (маленькое черное пятно ниже и чуть правее центра) по диску Солнца 8 ноября 2006 года

## ◀ 1631

Французский астроном Пьер Гассенди наблюдал в телескоп прохождение Меркурия по диску Солнца, что позволило сделать первые надежные измерения диаметра планеты.

▷ Обсерватория Аресибо в Пуэрто-Рико. Радиотелескоп

## ▶ 1965

Американские астрономы Гордон Петтенгил и Рольф Дайс измерили скорость вращения Меркурия с помощью радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико). Благодаря радиолокационным импульсам, отражаемым поверхностью планеты, ученые вычислили, что вращение Меркурия не синхронно, как считал Скиапарелли, и занимает всего 59 дней — около  $\frac{2}{3}$  орбитального периода планеты, составляющего 88 дней. Исследования, произведенные в обсерватории Аресибо, позволили нанести на карту большую часть Меркурия.



# МИССИИ К МЕРКУРИЮ

МЕРКУРИЙ — ОДНА ИЗ НАИМЕНЕЕ ИЗУЧЕННЫХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ ПО ПРИЧИНЕ ТОГО, ЧТО ПЕРИОД НАИЛУЧШЕЙ ВИДИМОСТИ НАСТУПАЕТ НЕСКОЛЬКО РАЗ В ГОДУ И ПРОДОЛЖАЕТСЯ ВСЕГО 10 ДНЕЙ. В XX ВЕКЕ К ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОБАВИЛИСЬ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ. БОЛЬШОЙ ПРОРЫВ В ИЗУЧЕНИИ МЕРКУРИЯ БЫЛ СДЕЛАН С ПОМОЩЬЮ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ, ПЕРВОЙ ИЗ КОТОРЫХ БЫЛА «МАРИНЕР-10», ЗАПУЩЕННАЯ НА ОРБИТУ БЛИЖАЙШЕГО СОСЕДА СОЛНЦА В 1974 И 1975 ГОДАХ. ЗА ЭТИМ ПОСЛЕДОВАЛА ПАУЗА В БОЛЕЕ ЧЕМ 30 ЛЕТ. В 2011–2015 ГОДАХ НА ОРБИТЕ МЕРКУРИЯ РАБОТАЛ АППАРАТ НАСА «МЕССЕНДЖЕР».

ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ПУТЕШЕСТВИЕ К МЕРКУРИЮ

1973 «Маринер-10»

2004 «Мессенджер»

План «БепиКоломбо»

△ Во второй половине 2024 года планируется миссия «БепиКоломбо» (BepiColombo): прибытие к Меркурию двух орбитальных станций на одном транспортном модуле Mercury Transfer Module (MTM)

## «Маринер-10»

Американский космический зонд «Маринер-10», запущенный 3 ноября 1973 года, сначала долетел до Венеры, а уже потом — до Меркурия. Получив ускорение от гравитационного поля Венеры, «Маринер-10» направился к пункту своего назначения, впервые выйдя на орбиту Меркурия на высоте приблизительно 700 км от экваториальных районов планеты 29 марта 1974 года. Затем «Маринер-10» вышел на прямую орбиту вокруг Солнца, чтобы вновь вернуться на орбиту Меркурия, что позволило ему еще дважды близко подлететь к планете в сентябре 1974 года и марте следующего года. За время выполнения этого задания была детально сфотографирована почти половина поверхности планеты, на которой виднелись высокие кратеры, что продемонстрировало сходство ландшафта Меркурия с поверхностью Луны. Также, к большому удивлению астрономов, было обнаружено магнитное поле вокруг планеты.

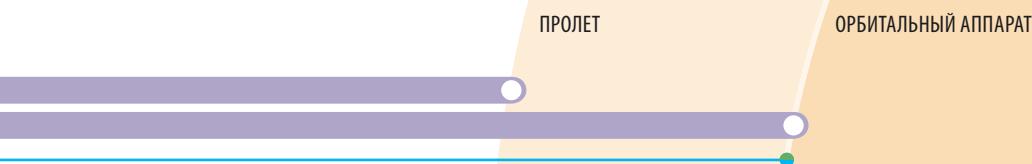
## «Мессенджер»

Космический аппарат «Мессенджер» покинул Землю в 2004 году и впервые в истории через чуть более 6 лет вышел на орбиту Меркурия. 29 марта 2011 года корабль отправил на Землю первые фотографии. В ходе исследований были обнаружены лед и органические соединения в тени кратеров возле северного полюса Меркурия. В конце 2014 года на аппарате закончилось топливо и 30 апреля 2015 года он упал на Меркурий.



**ЛЕГЕНДА**

-  НАСА (США)
-  JAXA (Япония)
-  ЕКА (Европа)
-  Совместная миссия ЕКА и JAXA
-  Успех
-  Цель полета



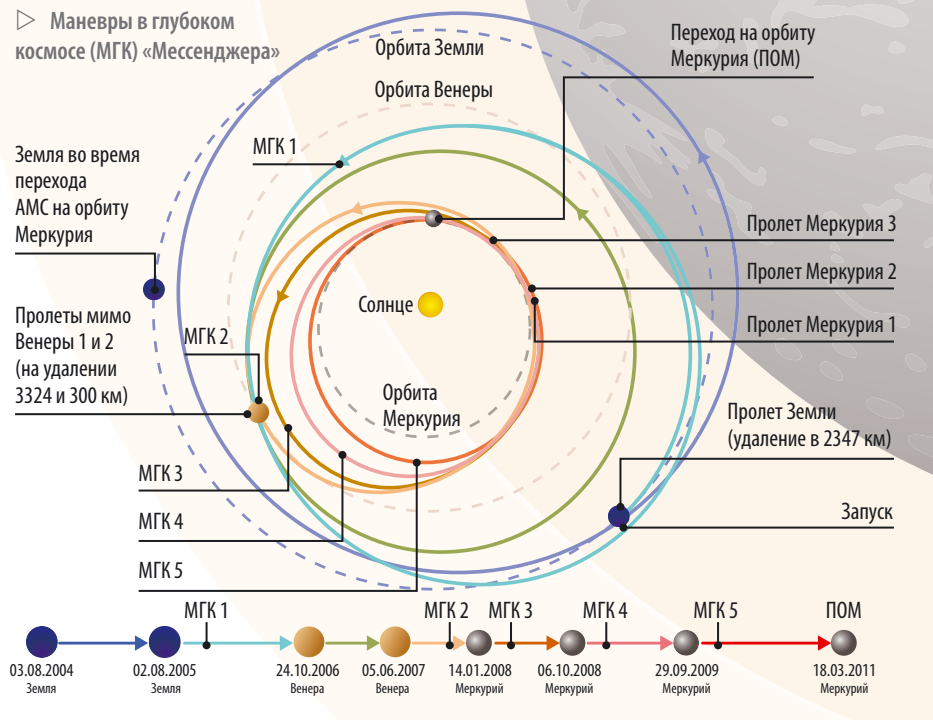
**Путешествие «Мессенджера»**

«Мессенджер» огибал Солнце 7 раз, чтобы выйти на орбиту Меркурия. Он пролетел над Землей через год после запуска и дважды над Венерой, используя гравитационное поле обеих планет для движения вперед. Аппарат трижды подлетал к Меркурию, замедляясь перед выходом на орбиту, которая очень эксцентрична: самая низкая точка располагается на расстоянии 200 км над поверхностью, а самая высокая — более 15 000 км.

**Топография поверхности**

«Мессенджер» передал на Землю около 200 000 изображений поверхности Меркурия. Аппарат также составил топографию северного полушария планеты с помощью лазерного измерителя высоты.

▷ Маневры в глубоком космосе (МГК) «Мессенджера»



# ВЕНЕРА ♀

**ПО РАЗМЕРАМ И МАССЕ ВЕНЕРА ПОЧТИ НЕ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ЗЕМЛИ. ДО НАЧАЛА ЭРЫ КОСМОНАВТИКИ МНОГИЕ АСТРОНОМЫ СЧИТАЛИ ЭТИ ПЛАНЕТЫ БЛИЗНЕЦАМИ. ВЫСКАЗЫВАЛОСЬ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ, ЧТО НА ВЕНЕРЕ МОЖЕТ БЫТЬ ЖИЗНЬ. ОДНАКО В РЕАЛЬНОСТИ НА ПЛАНЕТЕ ВЕСЬМА СУРОВЫЕ УСЛОВИЯ. ПЛОТНАЯ АТМОСФЕРА СОЗДАЕТ ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ И НАГНЕТАЕТ ТЕМПЕРАТУРУ У ПОВЕРХНОСТИ ДО 464 °С — ЭТО БОЛЬШЕ, ЧЕМ У САМОГО БЛИЗКОГО К СОЛНЦУ МЕРКУРИЯ! ПО ВЕНЕРЕ МОГЛИ БЫ ТЕЧЬ РЕКИ ИЗ РАСПЛАВЛЕННОГО СВИНЦА. ДОПОДЛИННО ИЗВЕСТНО, ЧТО НА ЭТОЙ ПЛАНЕТЕ ИДУТ ДОЖДИ ИЗ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.**

**Тип:** планета земной группы

**Год:** 224,7 дня

**Сутки:** 243 дня

**Среднее расстояние от Солнца:**

108 208 930 км (0,7 а. е.)

**Средний радиус:** 6052 км (0,95 земного)

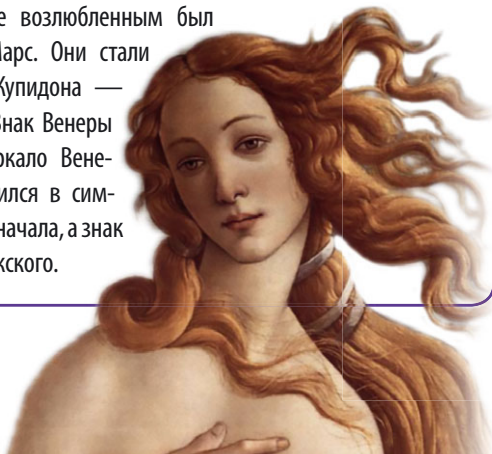
**Масса:**  $4,8685 \cdot 10^{24}$  кг (0,8 земной)

**Атмосфера:** в 92 раза плотнее земной, состав — углекислый газ, азот, диоксид серы и др.

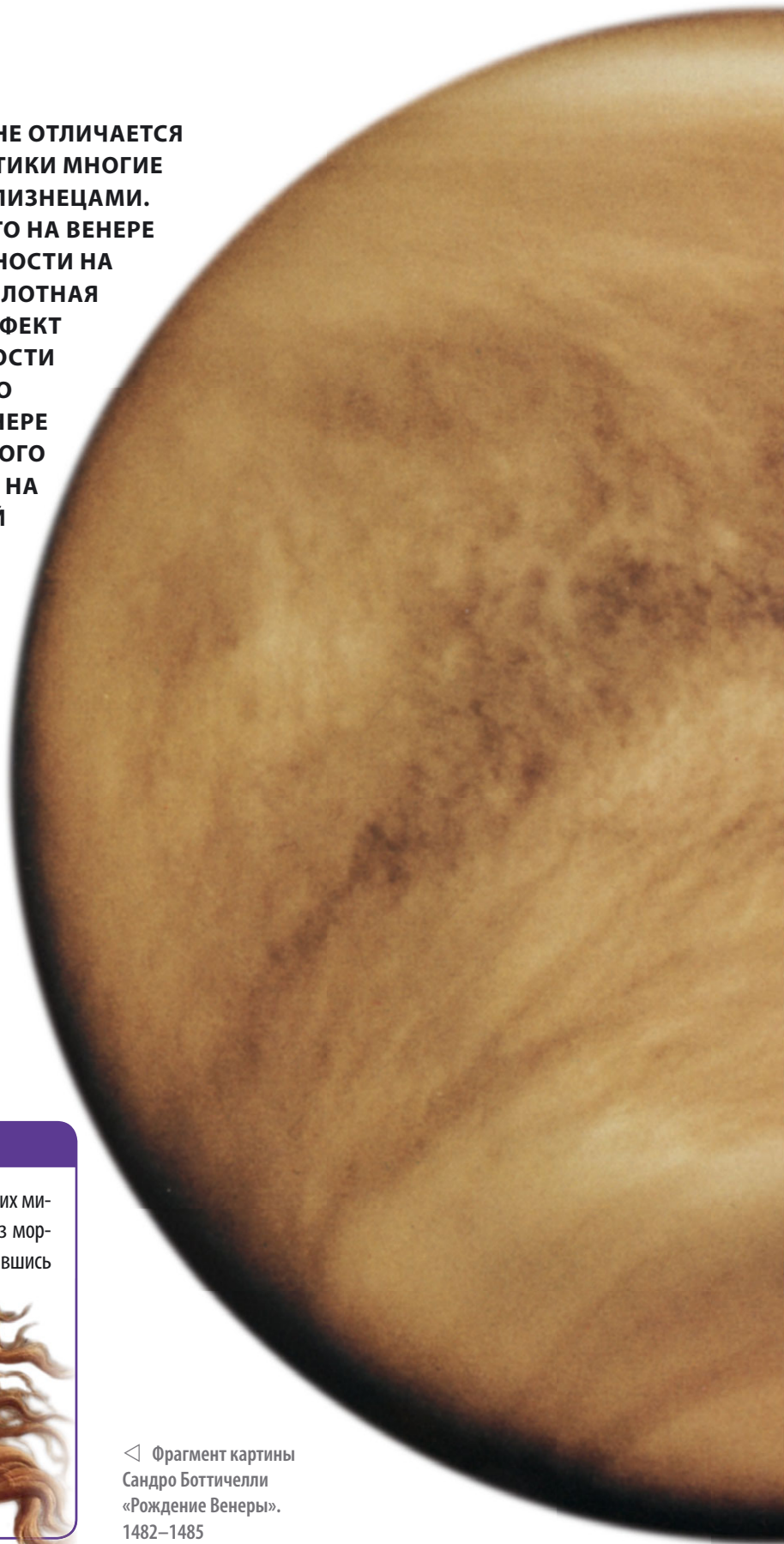
**Спутники:** нет

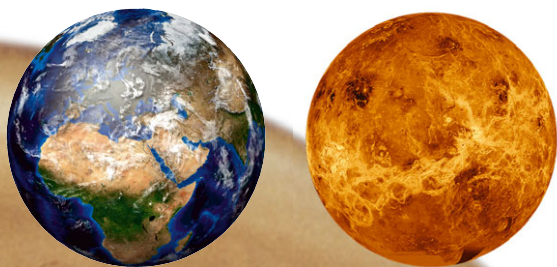
## ЭТО ИНТЕРЕСНО

Венера — богиня любви, красоты, радости и смеха. В одних мифах она дочь Юпитера и Дионы, в других — родилась из морской пены. Венера поразила своей красотой богов, явившись на Олимп. Ее возлюбленным был бог войны Марс. Они стали родителями Купидона — бога любви. Знак Венеры (♀), или «Зеркало Венеры», превратился в символ женского начала, а знак Марса — мужского.



◀ Фрагмент картины  
Сандро Боттичелли  
«Рождение Венеры».  
1482–1485





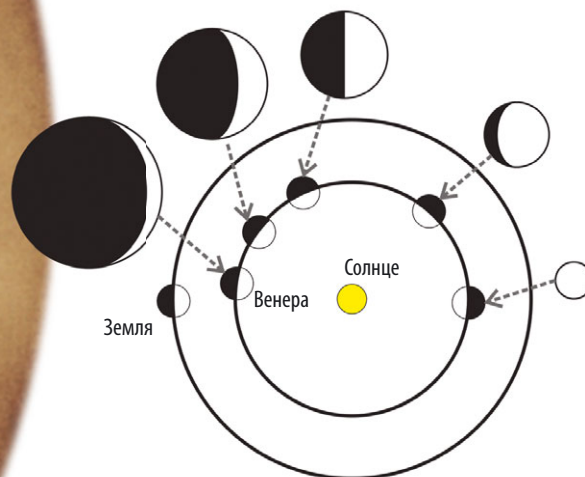
△ Сравнительные размеры Венеры и Земли

## ЯРЧАЙШЕЕ СВЕТИЛО

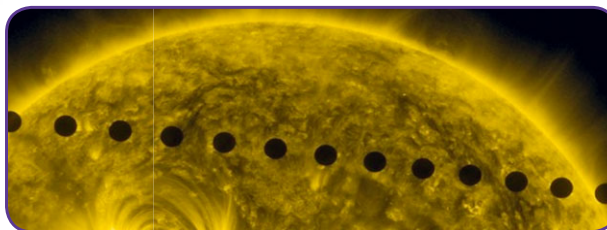
Венера — третье по яркости светило для земного наблюдателя после Солнца и Луны. Она видна на утреннем и вечернем небе как ослепительно яркая звезда. Если знать, куда смотреть, то белую точку Венеры иногда можно разглядеть и на светлом дневном небе.

## РЕДЧАЙШЕЕ ЯВЛЕНИЕ

Венера бывает участницей очень редкого астрономического явления. В некоторые моменты планета проходит прямо между Землей и Солнцем и выглядит как маленький черный кружок на ярком солнечном диске. Каждые 243 года повторяются 4 прохождения: два в декабре (с разницей в 8 лет), затем промежуток в 121,5 года, еще два в июне (снова с разницей 8 лет) и промежуток в 105,5 года. Последние прохождения Венеры по диску Солнца были в 2004 и 2012 годах, следующие будут в 2117-м и 2125-м.



△▽ Прохождение Венеры по диску Солнца



△ Венера, поверхность которой всегда скрыта плотной пеленой облаков

## ИЗМЕНЧИВАЯ, КАК ЛУНА

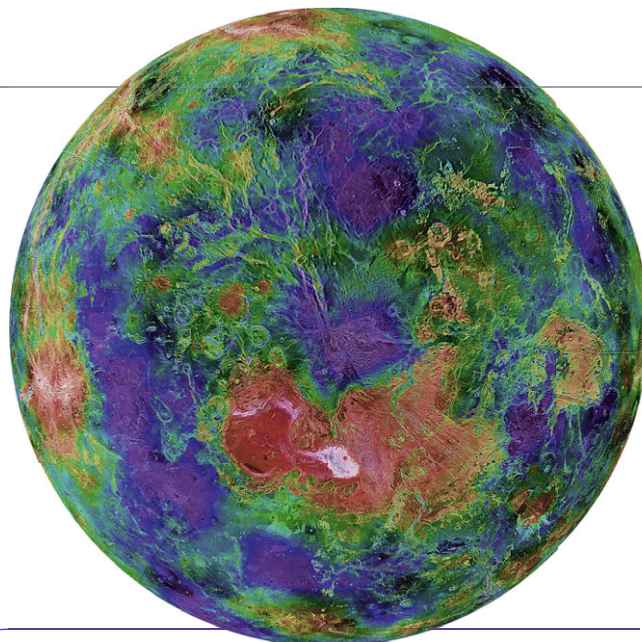
В телескоп и даже в мощный бинокль хорошо заметны фазы Венеры — изменения ее освещенной стороны, подобные лунным фазам. Некоторые особо зоркие люди способны увидеть серпик Венеры невооруженным глазом.



## ◎ ПОВЕРХНОСТЬ И СТРОЕНИЕ ВЕНЕРЫ

Облака, окутывающие Венеру, состоят из капель концентрированной серной кислоты. Раскаленная сверхплотная атмосфера из ядовитого углекислого газа создает чудовищное давление. Космические аппараты не выдерживают на поверхности Венеры и нескольких часов работы. Такую негостеприимную планету лучше изучать с орбиты. Несмотря на плотный облачный покров, методом радиолокации удалось составить топографические карты и компьютерные модели рельефа Венеры.

▷ Топографическая карта Венеры в условных цветах



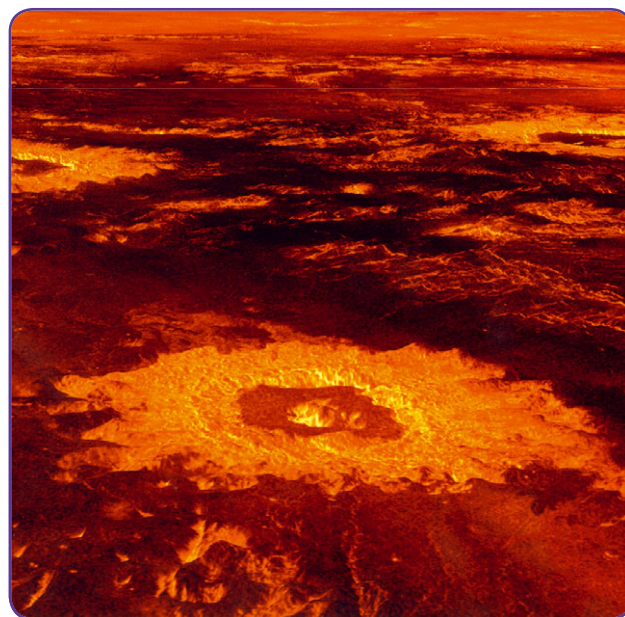
### Следы глобального катаклизма

Венера покрыта застывшими лавовыми потоками, занимающими до 90 % ее поверхности. С геологической точки зрения поверхность Венеры очень молода — порядка 500 млн лет. Это указывает на то, что в прошлом планета пережила период активного вулканизма, который полностью уничтожил или скрыл под собой верхние слои старой коры. По одной из гипотез, такие катастрофические события происходят на Венере регулярно, избавляя планету от излишков тепла, накапливаемых ее недрами.

▽ Застывшие потоки лавы на поверхности Венеры



▷ Гора Маат на Венере названа в честь египетской богини справедливости

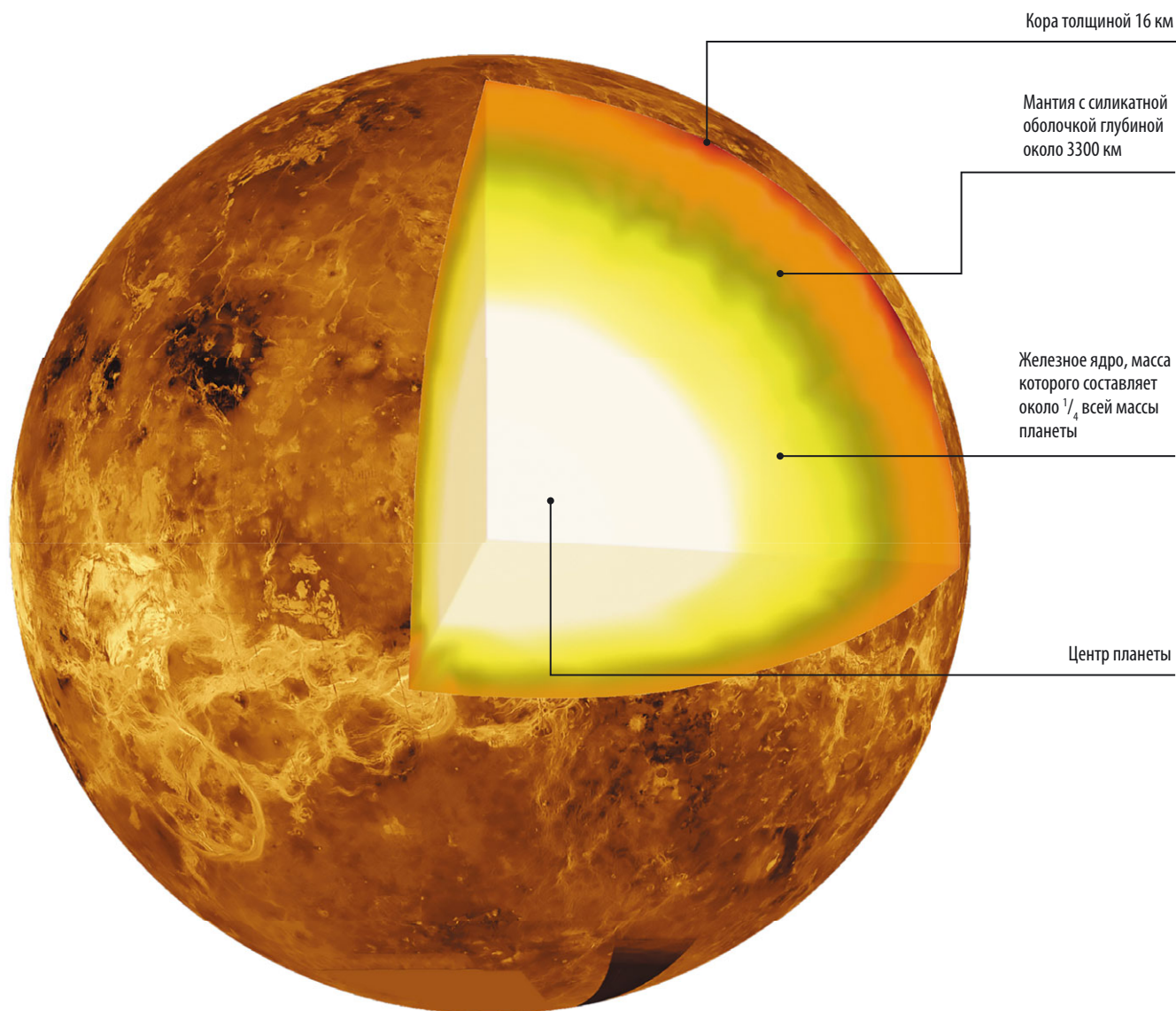


△ Ударный кратер на поверхности Венеры

### Редкие следы гостей из космоса

Ударных кратеров на Венере сравнительно немного (всего около 1000 на всю планету) из-за высокой геологической активности и плотной атмосферы, которые уничтожают мелкие метеориты и следы их падений. Из-за этого кратеров диаметром менее 2 км на Венере нет.





△ Внутреннее строение Венеры

### Мир женских имен

Международный астрономический союз постановил присваивать деталям рельефа Венеры только женские имена. Крупные кратеры получают названия в честь знаменитых женщин (например, Ахматова, Дашкова, Русланова), мелкие — обычные женские имена (Ирина, Стефания, Татьяна). Горы, возвышенности, равнины носят имена сказочных, мифических и легендарных героинь.

На Венере поселились и персонажи русских сказок: на карте планеты можно найти землю Лады, равнину Снегурочки и каньон Бабы Яги.

# ИЗУЧЕНИЕ ВЕНЕРЫ

**ВЕНЕРА БЫЛА ИЗВЕСТНА С ДИОИСТОРИЧЕСКИХ ВРЕМЕН. БЛИЗОСТЬ К СОЛНЦУ И ВЫСОКАЯ ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЕЕ ТОЛСТОГО ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА ДЕЛАЮТ ПЛАНЕТУ САМЫМ ЯРКИМ ОБЪЕКТОМ НА НОЧНОМ НЕБЕ ПОСЛЕ ЛУНЫ. ВЕНЕРА НАСТОЛЬКО ЯРКАЯ, ЧТО МОЖЕТ ДАЖЕ ОТБРАСЫВАТЬ ТЕНИ НА ЗЕМЛЮ, КОГДА ЛУНА СКРЫТА.**

▷ Вавилонская табличка с записью наблюдений за Венерой



ДО Н.Э.

Н.Э.

▶ ОКОЛО 1600

Глиняные таблички вавилонского царя Амми-цадуки содержат клинописные записи появления Венеры на горизонте утром и вечером в течение 21 года.

▶ 600–700

Изначально древние греки полагали, что утренняя и вечерняя Венера — это две разные планеты: Фосфор и Геспер.



◁ Франц фон Груйтуйзен



◁ Михаил Васильевич Ломоносов

◀ 1813

Немецкий врач и астроном Франц фон Груйтуйзен, наблюдая за Венерой, отметил яркие пятна на ее полюсах. Он предположил, что это полярные ледяные шапки, однако ими оказались воронки яркого облака в атмосфере Венеры.

◀ 1761

Русский ученый Михаил Ломоносов, наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца, заметил, что солнечный свет создает выпуклость вокруг планеты, и сделал заключение, что у Венеры есть плотная атмосфера.

▷ Атмосфера Венеры в представлении художника



◁ Ричард Энтони Проктор



▶ 1875

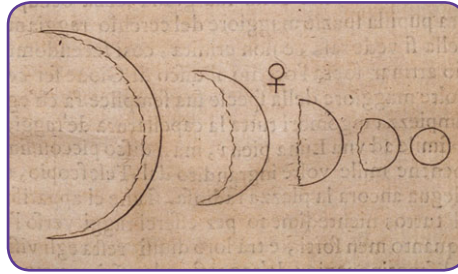
Английский астроном Ричард Проктор предположил, что жизнь существует в других местах Вселенной и что Венера, подобная Земле по размеру, вероятно заселена: ее толстые облака могут скрывать развитую венерианскую цивилизацию. Это типичная оптимистическая теория того времени.

▶ 1930-е

Поверхность Венеры, постоянно скрытая плотной атмосферой и окутанная облачным слоем, состоящим из капель серной кислоты, сложно поддавалась изучению. Только благодаря развитию радиолокационных методов наблюдения удалось определить параметры вращения Венеры.



◀ Страницы из Дрезденского кодекса



◀ Фазы Венеры, наблюдаемые и зафиксированные Галилео Галилеем

▷ Прохождение Венеры по диску Солнца 8 июня 2004 года

### ▶ 1100–1200

Дрезденский кодекс, найденный благодаря испанскому конкистадору Эрнану Кортесу в 1519 году, — самая старая книга американского континента. Это копия текстов майя VIII века, где содержатся точные таблицы восхождения Венеры на небо.

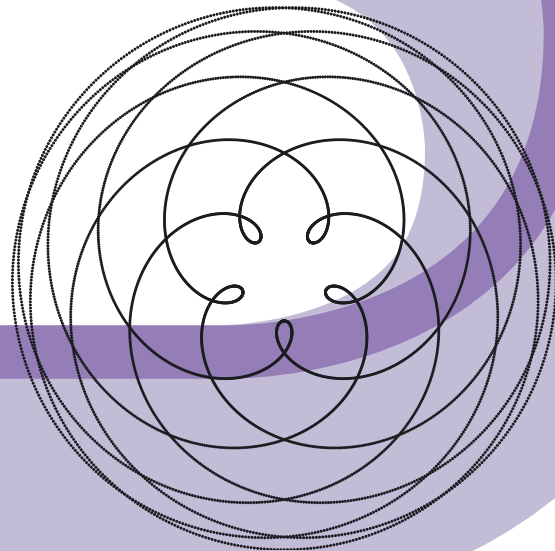
### ▶ 1610

Итальянский ученый Галилео Галилей наблюдал Венеру в телескоп и выявил у нее фазы, подобные лунным, а также проследил изменение видимой части планеты.

### ▶ 1639

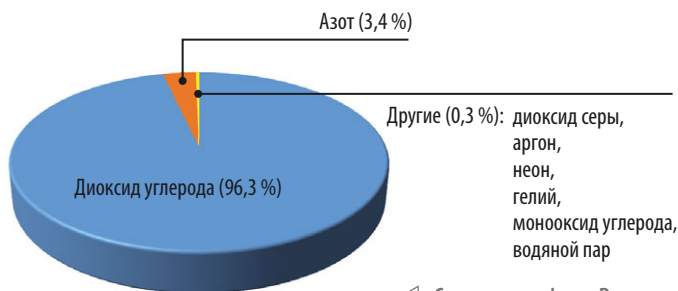
Английские астрономы Иеремиа Хоррокс и Уильям Крабтри первыми наблюдали прохождение Венеры по солнечному диску.

▷ «Пентаграмма Венеры» — диаграмма видимого (относительно Земли) движения Венеры на основе аналогичных диаграмм Джованни Кассини



### ◀ 1667

Астроном Джованни Кассини первым определил период движения Венеры вокруг своей оси, ошибочно предположив, что планета вращается каждые 24 часа. В 1877 году итальянский астроном Джованни Скиапарелли верно вычислил период кругового движения Венеры — 225 дней.



◀ Состав атмосферы Венеры



◀ Одна из антенн обсерватории Голдстоун

### ▶ 1932

Американские астрономы Уолтер Сидни Адамс и Теодор Дэнхем зафиксировали в спектре Венеры полосы углекислого газа, количество которого во много раз превышает его содержание в земной атмосфере.

### ▶ 1955

Уильям Синтон и Джон Стронг (США) получили наиболее точные данные о температуре облачного слоя Венеры 233–240 К (около  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

### ▶ 1961

Благодаря радиотелескопам в обсерваториях Голдстоун (Калифорния) и Аресибо (Пуэрто-Рико) изучена скрытая облаками поверхность Венеры.

# МИССИИ К ВЕНЕРЕ

ПЕРВЫМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ, ПРЕДНАЗНАЧАВШИМСЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БЛИЖАЙШЕЙ СОСЕДКИ ЗЕМЛИ, БЫЛ СОВЕТСКИЙ «ВЕНЕРА-1». ПОСЛЕ ЗАПУСКА 12 ФЕВРАЛЯ 1961 ГОДА И ПОПЫТКИ ДОСТИЖЕНИЯ ИМ ВЕНЕРЫ К ПЛАНЕТЕ НАПРАВЛЯЛИСЬ СОВЕТСКИЕ АППАРАТЫ СЕРИИ «ВЕНЕРА», «ВЕГА»; АМЕРИКАНСКИЕ «МАРИНЕР», «ПИОНЕР-ВЕНЕРА-1», «ПИОНЕР-ВЕНЕРА-2», «МАГЕЛЛАН»; ЕВРОПЕЙСКИЙ «ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС»; ЯПОНСКИЙ «АКАЦУКИ».

ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ПУТЕШЕСТВИЕ К ВЕНЕРЕ

1961	«Венера-1»
1962	«Маринер-2»
1965	«Венера-2»
1965	«Венера-3»
1967	«Венера-4»
1969	«Венера-5»   «Венера-6»
1970	«Венера-7»
1972	«Венера-8»
1973	«Маринер-10»
1975	«Венера-9»   «Венера-10»
1978	«Пионер-Венера-1»
1978	«Пионер-Венера-2»
1981	«Венера-13»   «Венера-14»
1983	«Венера-15»   «Венера-16»
1984	«Вега-1»   «Вега-2»
1989	«Магеллан»
1989	«Галилео»
1997	«Кассини-Гюйгенс»
2004	«Мессенджер»
2005	«Венера-экспресс»
2010	«Акацуки»
План	«Венера-Д»

△ В 2024 году «Роскосмос» совместно с НАСА планирует старт АМС «Венера-Д», прототипом которой станет АМС «Вега». Цель программы — долгоживущий спускаемый аппарат, который сможет работать в экстремальных условиях на поверхности Утренней звезды от нескольких часов до суток



△ Почтовая марка СССР с изображением «Венеры-9». 1984



## «Венера»

Советский космический зонд «Венера-3» 1 марта 1966 года врезался в поверхность Венеры, став первым кораблем, достигшим другой планеты. В течение последующих 17 лет Советский Союз направил еще 13 космических кораблей к планете, добывая ценные сведения о ней. Спускаемый аппарат станции «Венера-9» 22 октября 1975 года достиг поверхности планеты и передал первые снимки ландшафта. АМС «Венера-15» и «Венера-16» были выведены на орбиту Утренней звезды 2 и 7 июня 1981 года. Цель — картографирование приполярной области Венеры, которая оставалась еще белым пятном.



# ЗЕМЛЯ

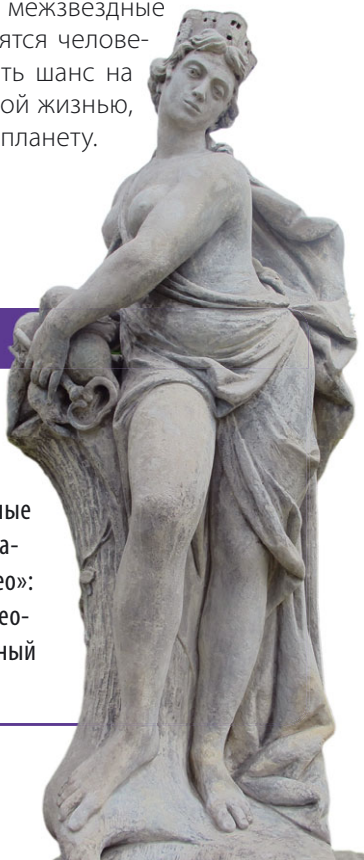
**МЫ ПРИВЫКЛИ СЧИТАТЬ НАШУ ПЛАНЕТУ НЕОБЪЯТНЫМ МИРОМ — И ПУСТЬ ЭТО БУДЕТ ТАК, ПУСТЬ НИКОГДА НЕ ПОТЕРЯЮТ ДЛЯ НАС СВОЕГО ВЕЛИЧИЯ И КРАСОТЫ ГОРЫ И ПУСТЫНИ, МОРЯ И РЕКИ, ГОРОДА И ЛЕСА. ОДНАКО ЗЕМЛЯНЕ ДОЛЖНЫ ПОМНИТЬ, ЧТО ВСЕ ТО, ЧЕМ ОНИ ВЛАДЕЮТ, — ЭТО ВСЕГО ЛИШЬ МАЛЕНЬКАЯ ПЛАНЕТА ВОКРУГ НЕБОЛЬШОЙ ЗВЕЗДЫ В ОГРОМНОЙ ВСЕЛЕННОЙ.**

## УДИВИТЕЛЬНАЯ ПЛАНЕТА

Земля образовалась примерно 4,5 млрд лет назад у молодого Солнца. Примерно в то же время возник ее спутник — Луна. В течение первого миллиарда лет существования Земли на ней появились первые живые организмы. Пока нет сведений о жизни на другом небесном теле ни в Солнечной системе, ни вне ее. Найдены планетные системы у других звезд, однако их изучение затруднено непреодолимостью расстояний. Возможно, в будущем жизнь найдется рядом с нами, а может быть, и межзвездные расстояния покорятся человеку. Чтобы сохранить шанс на встречу с внеземной жизнью, надо беречь свою планету.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Гея — богиня Земли и всего живущего на ней. С древних времен слова, связанные с изучением нашей планеты, начинаются с «гео»: геология, география, геометрия, геостационарный спутник.



**Тип:** планета земной группы

**Год:** 365,26 дня (365 дней 6 ч 9 мин 10 с)

**Сутки:** 0,99726968 дня (23 ч 56 мин 4,1 с)

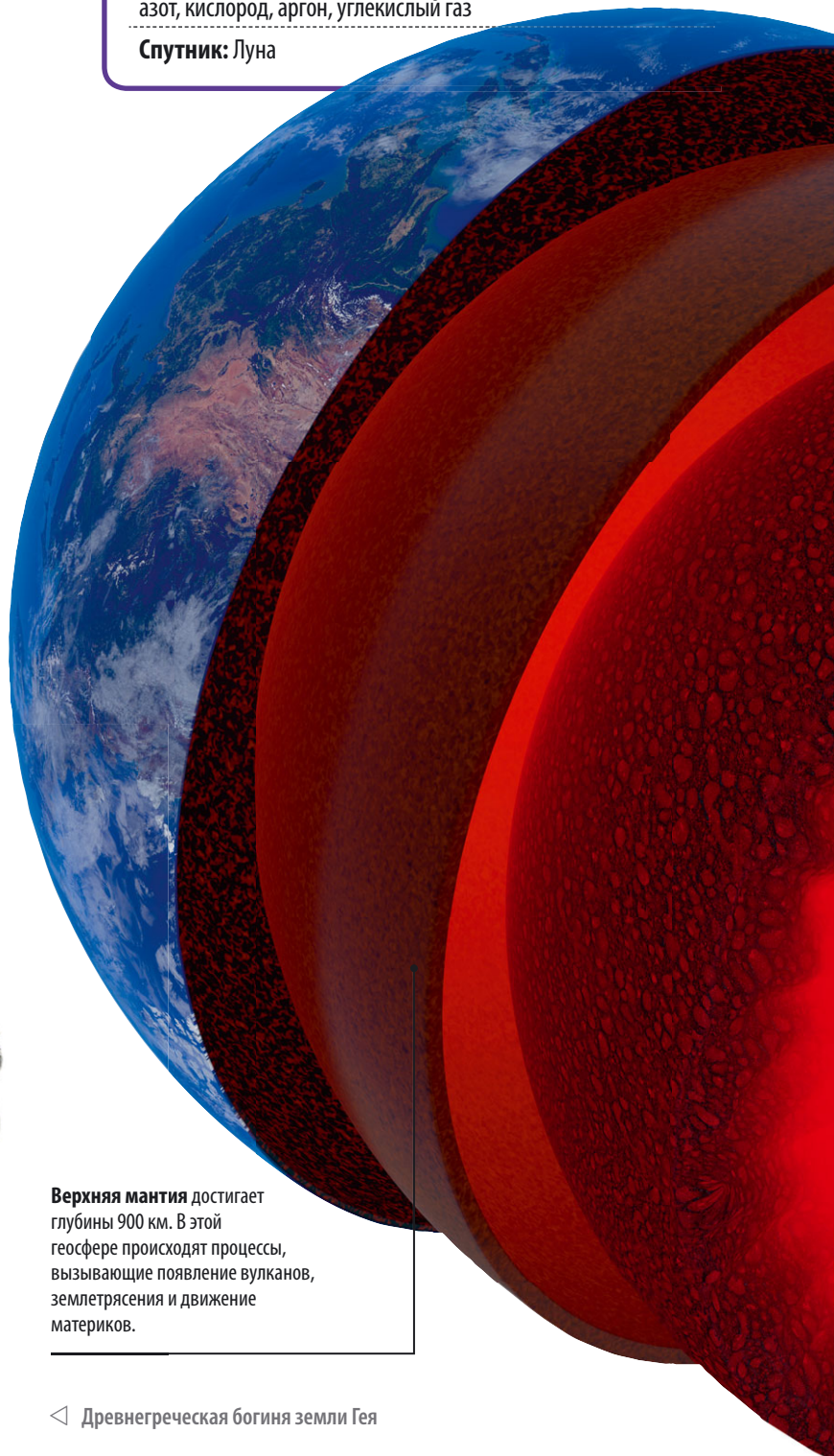
**Среднее расстояние от Солнца:** 149 598 261 км

**Средний радиус:** 6371 км

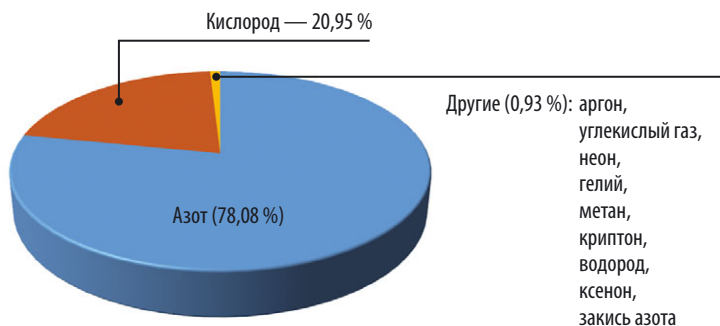
**Масса:**  $5,9736 \cdot 10^{24}$  кг

**Атмосфера:** пригодная для жизни земного типа, состав — азот, кислород, аргон, углекислый газ

**Спутник:** Луна



**Верхняя мантия** достигает глубины 900 км. В этой геосфере происходят процессы, вызывающие появление вулканов, землетрясения и движение материков.

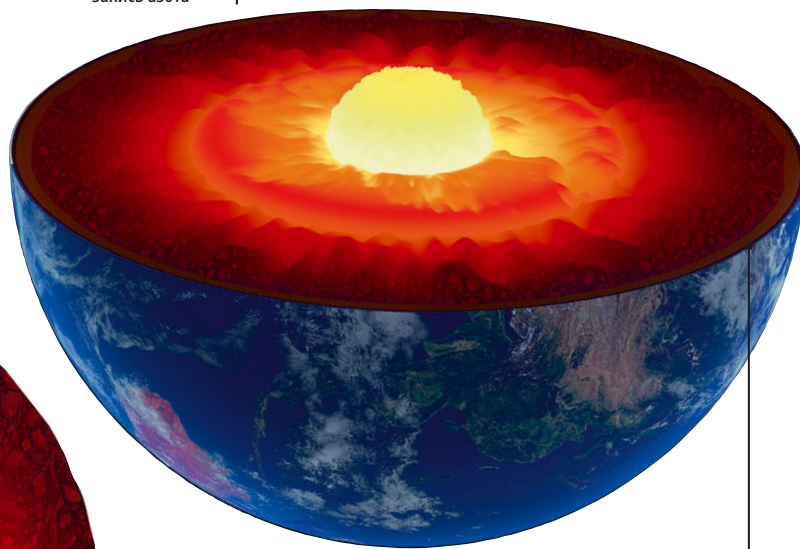


### ▽ Строение Земли

## СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Состав атмосферы Земли изменялся на протяжении всей ее истории. С появлением цианобактерий 2,4 млрд лет назад она наполнилась кислородом, который дал мощный толчок эволюции жизни.

### ◁ Состав атмосферы Земли



**Земная кора** — твердая оболочка нашей планеты. Ее толщина под океанами достигает 7–15 км, под материками — до 70 км. Если Землю уменьшить до размера куриного яйца, то кора будет значительно тоньше яичной скорлупы.

**Внешнее ядро** (глубина — 2900–5100 км) представляет собой расплав железа, никеля и кремния. Температура достигает 5000 °С, а давление — 2 млн атм.

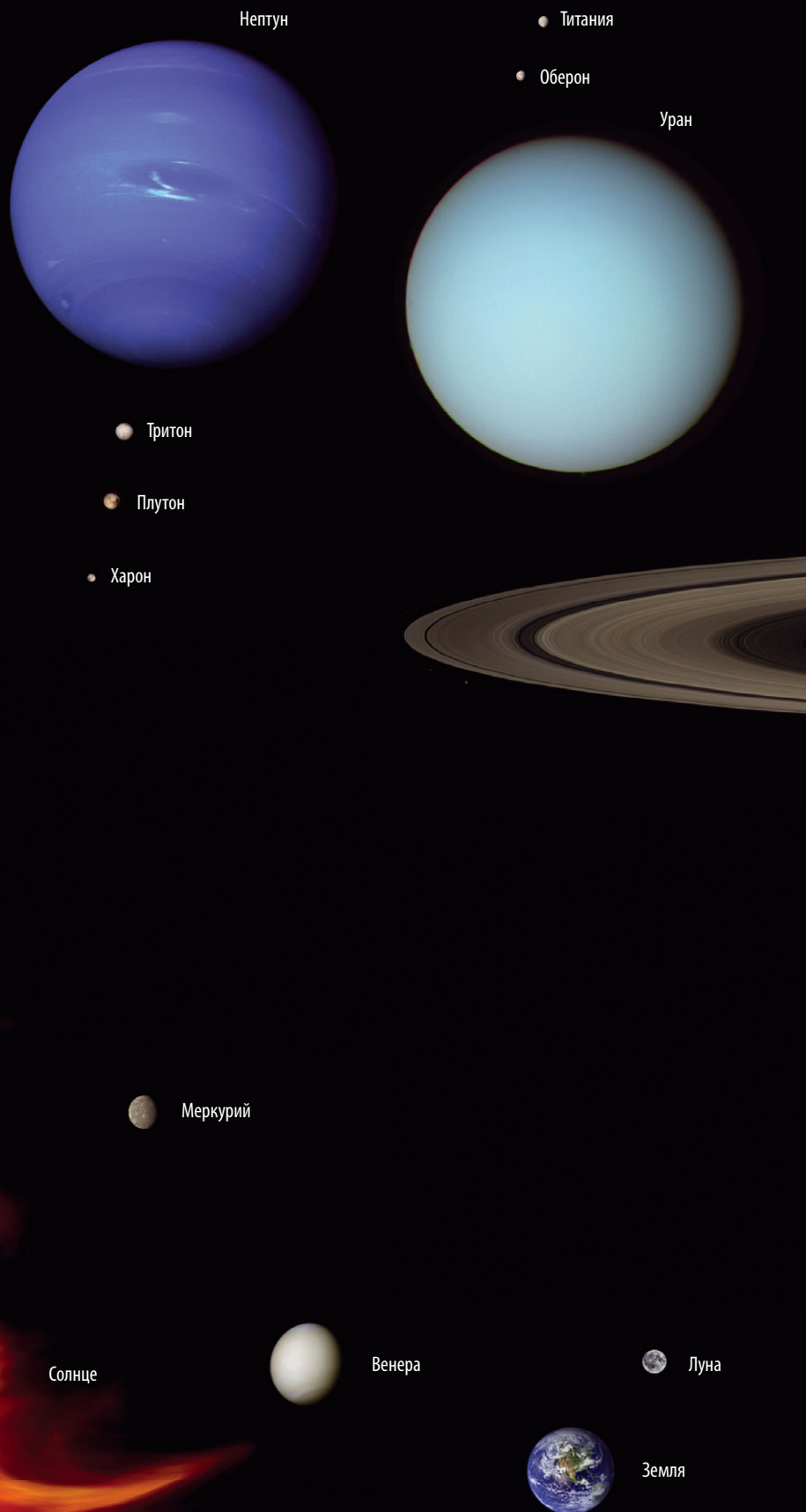
**Внутреннее ядро** — металлический шар радиусом 1200 км. Температура достигает 10 000 °С, плотность в 13 раз больше, чем у воды. Внутреннее ядро генерирует магнитное поле Земли наподобие гигантской динамо-машины.

**Нижняя мантия** простирается до глубины 2900 км. В ней сосредоточено 41 % массы Земли. Основные элементы в составе мантии: кислород, кремний, магний, железо.



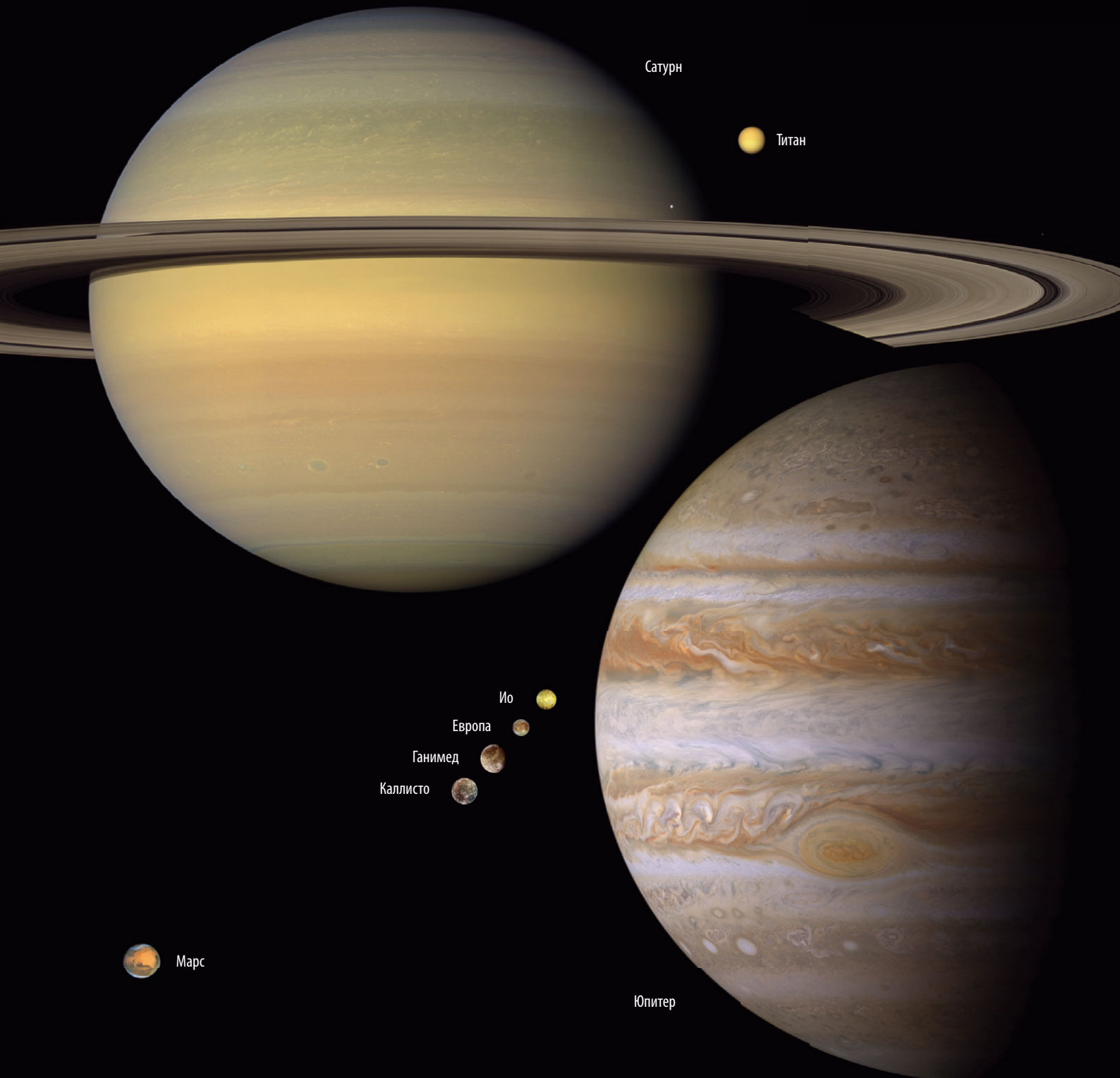
## БОЛЬШАЯ ИЛИ МАЛЕНЬКАЯ?

На фотографиях порой непонятно, каковы в реальности масштабы изображаемых объектов. Все небесные тела предстают примерно одинаковыми шариками. Предлагаем вам посмотреть на нашу планету с разных точек зрения. Земля — самая большая из планет земной группы, чуть-чуть больше почти одинаковой с ней Венеры, но неизмеримо меньше газовых и ледяных гигантов Солнечной системы. А на фоне Солнца все планеты кажутся крохотными. Однако не стоит забывать, что существуют звезды, рядом с которыми уже само Солнце выглядит крохотным шариком.



▽ Сравнительные размеры  
Солнца, планет Солнечной  
системы и их спутников

ГИГАНТ ЮПИТЕР ПРЕВОСХОДИТ ЗЕМЛЮ  
ПО РАДИУСУ В 11 РАЗ, И ОБЛАЧНЫЕ ВИХРИ  
В ЕГО АТМОСФЕРЕ ЧАСТО СРАВНИМЫ ПО  
ДИАМЕТРУ С НАШЕЙ РОДНОЙ ПЛАНЕТОЙ,  
А ТО И ПРЕВЫШАЮТ ЕЕ.



# НАША ПЛАНЕТА

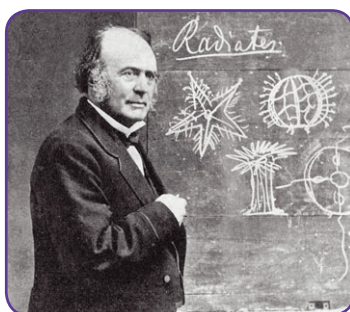
**ОСНОВНЫХ ТЕОРИЙ И ЗНАНИЙ О РАЗВИТИИ И СТРУКТУРЕ ЗЕМЛИ СУЩЕСТВУЕТ НЕМАЛО. В ОТЛИЧИЕ ОТ ДРУГИХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, ОНА НЕ БЫЛА ВИДНА ЛЮДЯМ ЦЕЛИКОМ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА В 1960-Х ГОДАХ НЕ БЫЛИ ЗАПУЩЕНЫ ПЕРВЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ, НЕСУЩИЕ КАМЕРУ. ТЕМ НЕ МЕНЕЕ БОЛЕЕ 2000 ЛЕТ НАЗАД ДРЕВНИЕ УЧЕНЫЕ СЧИТАЛИ, ЧТО НАША ПЛАНЕТА — ШАР, И ИМЕЛИ НЕКОТОРОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЕЕ РАЗМЕРЕ И МАСШТАБАХ ОКЕАНОВ. И ТОЛЬКО В XX ВЕКЕ ЗНАНИЯ О ВОЗРАСТЕ ЗЕМЛИ И ЕЕ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЕ БЫЛИ ПОДТВЕРЖДЕНЫ, СТАЛО ИЗВЕСТНО О ТЕКТЕНИЧЕСКИХ ПЛИТАХ, КОТОРЫЕ ПЕРЕМЕЩАЮТ КОНТИНЕНТЫ.**



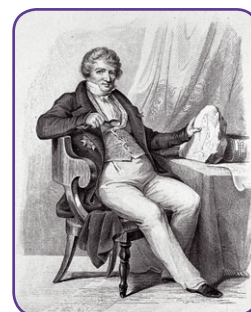
◁ Карта плоской Земли, составленная Орландо Фергиусоном в 1893 году

## ▶ 3000–500

Население Древнего Средиземноморья полагало, что земельные массивы расположены на плоской поверхности диска, возможно, в окружении моря. Концепция плоской Земли представлена на некоторых ранних картах.



▷ Жан Луи Родольф Агассис



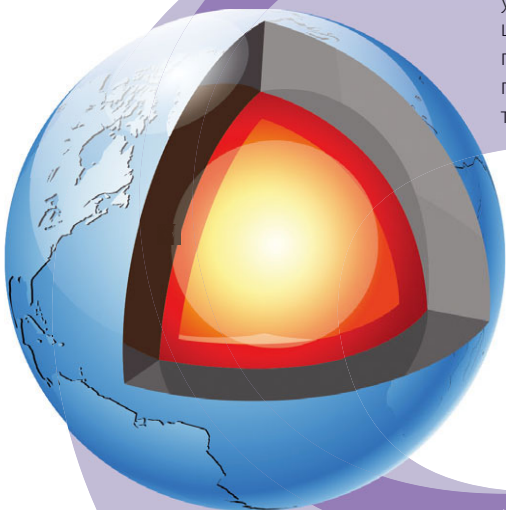
◁ Жорж Леопольд Кювье

## ◁ 1830–1840-е

Швейцарский геолог Жан Луи Агассис в результате изучения наряду с другими учеными ледниково-эрозионных ландшафтов в альпийских регионах Европы первым выдвинул теорию о том, что Земля пережила ледниковый период в сравнительно недавнем прошлом.

## ◁ 1810–1820-е

Французский естествоиспытатель Жорж Леопольд Кювье выдвинул идею о том, что Земля в своей истории претерпела множество происходящих внезапно катастроф, при которых наблюдалась массовая гибель организмов. Идея получила название теории катастроф.



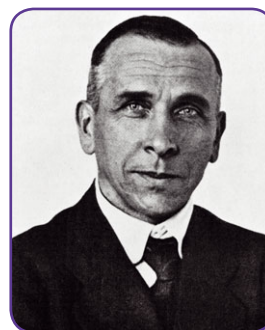
◁ Более плотное, чем основная часть планеты, ядро Земли

## ▶ 1906

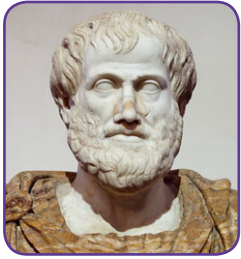
Исследуя сейсмические волны, ирландский геолог Ричард Диксон Олдхэм пришел к выводу, что Земля имеет более плотное, чем остальная часть планеты, ядро, которое замедляет волны, проходящие через нее.

## ▶ 1912

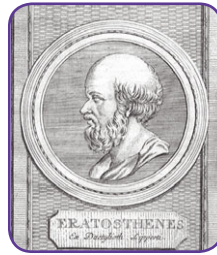
Немецкий ученый Альфред Вегенер предположил, что все континенты Земли ранее были объединены и разошлись под воздействием неизвестного процесса, который он назвал дрейфом континентов. Идея была отвергнута другими учеными.



◁ Альфред Вегенер



◀ Аристотель



◀ Эратосфен

ДО Н.Э.

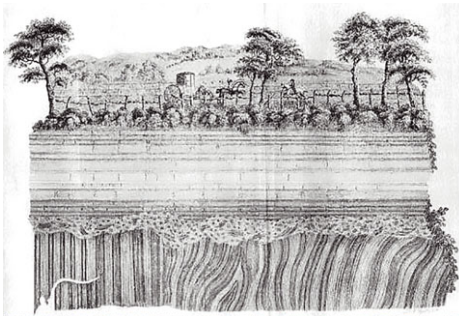
Н.Э.

▶ 330

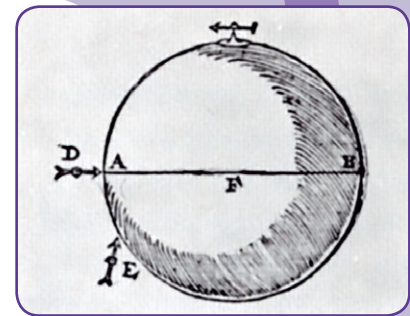
Древнегреческий философ Аристотель утверждал, что Земля — это сфера. В подтверждение своей теории он указывал на то, что некоторые звезды становятся видимыми только тогда, когда человек направляется далеко на юг. Если бы Земля была плоской, то те же звезды были бы видны повсюду.

▶ 240

Греческий ученый Эратосфен произвел первый точный расчет длины земной окружности. Для этого он сравнивал высоту Солнца над горизонтом в двух разных точках, одна из которых находилась значительно южнее другой, в одинаковые дату и время.



▶ Пример несогласного напластования Геттона



▶ Сферический магнит, сделанный Уильямом Гильбертом

◀ 1798

Английский ученый Генри Кавендиш вычислил среднюю плотность Земли, на основе чего стало возможным измерить массу планеты. Он оценил событие так: «Взвесили мир».

◀ 1785

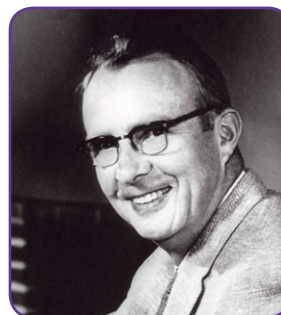
Шотландский ученый Джеймс Геттон (Хаттон) в книге «Теория Земли» сделал предположение о том, что медленные геологические процессы, сформировавшие Землю, продолжают по сей день.

◀ 1600

Изучив поведение стрелок компаса при взаимодействии с железным шаром, английский ученый Уильям Гильберт пришел к выводу: Земля — огромный шарообразный магнит.



◀ Обломок метеорита Каньон-Дьябло



◀ Луис Уолтер Альварес

▶ 1955

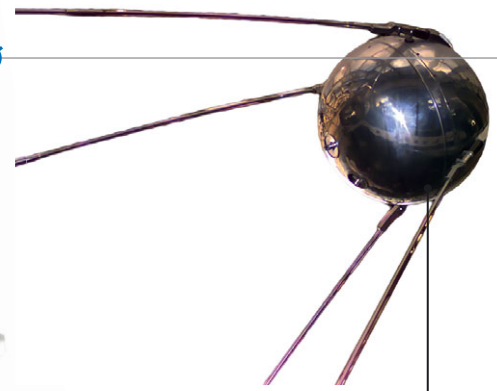
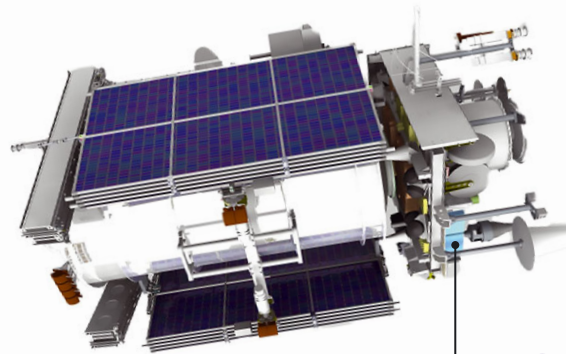
Американский геохимик Клар Кэмерон Паттерсон по возрасту метеорита Каньон-Дьябло вычислил, что возраст Земли составляет 4,55 млрд лет.

▶ 1960

Американский геолог Гарри Хэммонд Хесс, наблюдая изменения океанского дна, закладывает основу теории тектоники плит.

▶ 1980

Американский физик Луис Уолтер Альварес и другие ученые выдвинули предположение, что причиной вымирания динозавров и многих других животных и растений могло стать изменение климата на Земле в результате падения большого астероида или кометы 65,5 млн лет назад (конец мелового периода).



ОРБИТА

ЗАПУСК



# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ

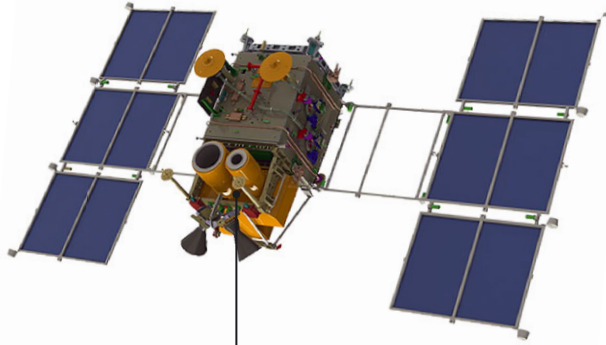
**О ПУТЕШЕСТВИЯХ К ЛУНЕ, ПЛАНЕТАМ И ЗВЕЗДАМ ЧЕЛОВЕК МЕЧТАЛ ДАВНО. ОДНАКО ЭТО СТАЛО ВОЗМОЖНЫМ ЛИШЬ В XX ВЕКЕ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ, КОТОРАЯ ОБЕСПЕЧИЛА НЕОБХОДИМОЕ УСКОРЕНИЕ, ЧТОБЫ ПОКИНУТЬ ПЛАНЕТУ. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА НАЧАЛОСЬ С ЗАПУСКОВ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ — ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВЫВЕДЕННЫХ НА ОРБИТУ ВОКРУГ ЗЕМЛИ И ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ.**

## Первый спутник

На орбиту Земли 4 октября 1957 года впервые был запущен искусственный спутник, созданный группой советских ученых под руководством Сергея Павловича Королёва. Этот старт считается началом космической эры человечества. В диаметре ПС-1 (простейший спутник-1) был всего 58 см, его масса составила 83,6 кг, время обращения вокруг Земли — 96,7 мин. Спутник пробыл на орбите 92 дня, совершив за это время 1440 оборотов. В течение двух недель радиопередатчики ПС-1 работали на частотах 20 МГц и 40 МГц, что позволило принимать сигнал даже радиолюбителям.

## Метеорологические спутники

В апреле 1960 года на Землю был передан первый снимок Земли (ТИРОС-1, США), что доказало возможность метеорологических наблюдений из космоса. В 1966–1967 годах в СССР и США были запущены первые метеорологические спутники. Спутниковые метеонаблюдения осуществляются с помощью геостационарных и полярных спутников. Первые движутся по постоянной орбите, находятся над одной точкой на экваторе (GOMS, РФ; GOES, США) и требуют для глобального охвата системы из нескольких спутников. Полярные спутники («Метеор», РФ; NOAA, США) позволяют получить глобальный охват одним аппаратом.



◁ В 2017 году запланирован запуск спутника ICON (Ionospheric Connection Explorer). Эта миссия НАСА предназначена для исследования ионосферы, изучения связи между погодой на Земле и космической погодой

### Спутники дистанционного зондирования Земли

Первые спутники ДЗЗ стали использоваться с 1960-х годов. Качество получаемых ими данных зависело от метеорологических условий. Развитие компьютерных технологий и средств мониторинга привело к качественным изменениям в дистанционном зондировании Земли.

Современные спутники ДЗЗ используют съемочные системы сверхвысокого разрешения (GeoEye-1, США, разрешение — 41 см), мультиспектральные съемки («Канопус-В», РФ), системы радиометрического наблюдения (IKONOS, США), стереоснимки (SPOT-6 и SPOT-7, Франция; TH-1 и TH-2, Китай).

### Орбитальные научные станции

Орбитальные станции позволяют вести разнообразные наблюдения и научные исследования в космическом пространстве. Наиболее сложный орбитальный комплекс — Международная космическая станция — создан в сотрудничестве 14 стран. Национальные орбитальные станции разрабатывали только СССР / Россия («Салют», «Алмаз», «Мир»), США («Скайлэб») и Китай («Тяньгун»). Первая орбитальная станция «Салют» была запущена в 1971 году. В 1973 году на орбиту вышла американская орбитальная станция «Скайлэб»; 20 ноября 1998 года началась сборка модулей МКС на орбите, а в 2000 году на станцию прибыл первый экипаж.



### ЛЕГЕНДА

- НАСА (США)
- СССР / Россия
- JAXA (Япония)
- ЕКА (Европа)
- CNES (Франция)
- Германия
- Аргентина
- Совместная миссия НАСА и CNES
- Совместная миссия НАСА и Аргентины
- Совместная миссия НАСА и JAXA
- Успех
- Цель полета

# ЛУНА

**ОДНА ИЗ САМЫХ ПОПУЛЯРНЫХ ГИПОТЕЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛУНЫ — ЭТО СТОЛКНОВЕНИЕ ЗЕМЛИ С НЕБЕСНЫМ ТЕЛОМ ВЕЛИЧИНОЙ С МАРС 4,5 МЛРД ЛЕТ НАЗАД. УДАР ВЫБИЛ ИЗ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ ОГРОМНЫЙ КУСОК РАСПЛАВЛЕННОЙ МАНТИИ, ИЗ КОТОРОГО И ОБРАЗОВАЛАСЬ ЛУНА. С ТЕХ ПОР ОНА ВСЕ ВРЕМЯ СОПРОВОЖДАЕТ ЗЕМЛЮ. ВРАЩЕНИЕ ЛУНЫ ВОКРУГ ЗЕМЛИ И СОБСТВЕННОЙ ОСИ ИМЕЕТ РАВНЫЕ ПЕРИОДЫ, ИЗ-ЗА ЧЕГО МЫ ВИДИМ ВСЕГДА ТОЛЬКО ОДНУ СТОРОНУ ЛУНЫ. ЭТА СИНХРОНИЗАЦИЯ ВОЗНИКЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИЛИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛУНЫ И ЗЕМЛИ.**

△ Обращенная к Земле сторона Луны

**Среднее расстояние от Земли:** 384 467 км (0,00257 а. е.)

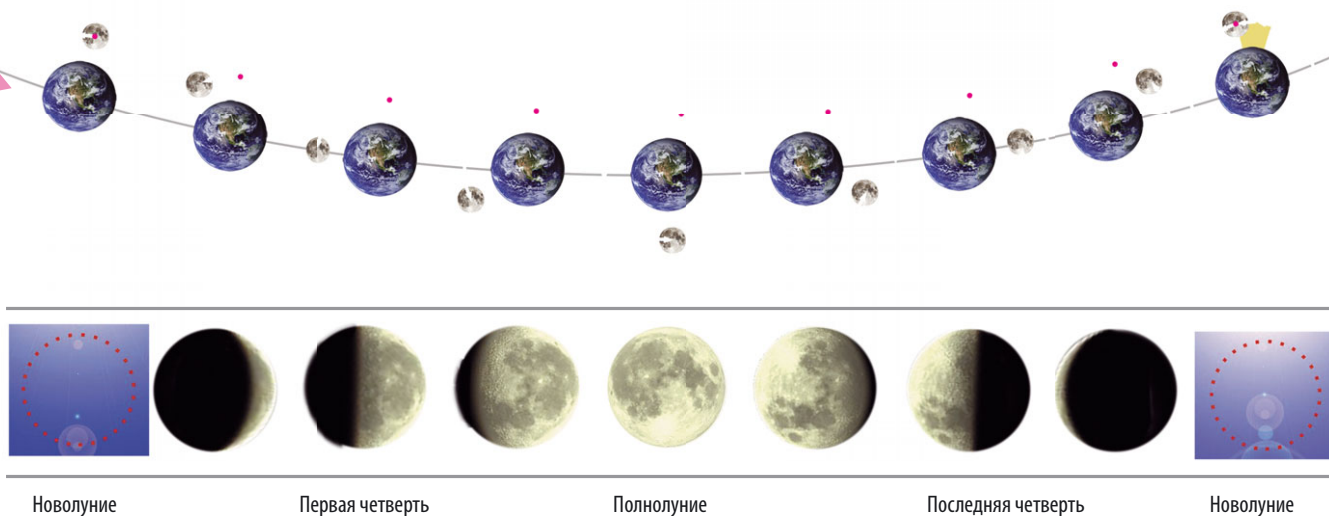
**Средний радиус:** 1737,10 км (0,3 земного)

**Масса:**  $7,3477 \cdot 10^{22}$  кг (0,01 земной)

**Атмосфера:** крайне разрежена, имеются следы водорода, гелия, неона и аргона

## ФАЗЫ ЛУНЫ

В глубокой древности люди обратили внимание на смену лунных фаз. Луна, вращаясь вокруг Земли, раз за разом занимает одинаковые положения по отношению к Земле и Солнцу, а ее освещенная сторона принимает одинаковые формы (фазы) от узкого серпа до полного круга, а затем наоборот. Между двумя одинаковыми лунными фазами проходит в среднем 29,5 суток. Этот промежуток называется лунным месяцем. Он лег в основу первых календарей.

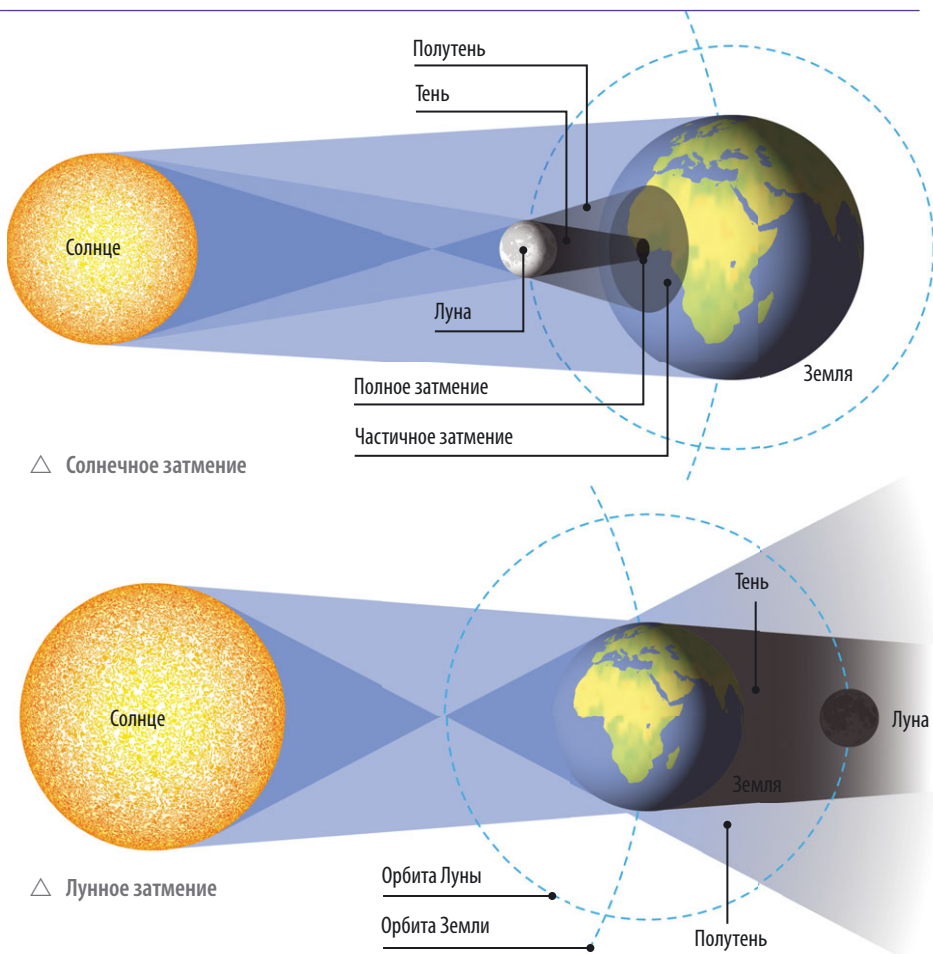


△ Лунные фазы

**УДИВИТЕЛЬНО, НО ВИДИМЫЕ РАЗМЕРЫ СОЛНЦА И ЛУНЫ ПОЧТИ ОДИНАКОВЫЕ. ЛУНА В 400 РАЗ МЕНЬШЕ СОЛНЦА И РОВНО В 400 РАЗ БЛИЖЕ НЕГО.**

## СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Затмение — эффектное зрелище. Двигаясь по орбите вокруг Земли, Луна иногда оказывается точно между Землей и Солнцем, закрывая собой солнечный диск. Такое явление называется солнечным затмением. При полном солнечном затмении вместо Солнца на небе несколько минут сияет черный диск Луны, окруженный солнечной короной. Когда Луна попадает в тень Земли, происходит лунное затмение. Луна в тени Земли становится кроваво-красной. Эти события не такие уж и редкие. В среднем происходит несколько затмений в год. Но лунная тень маленькая, поэтому полные солнечные затмения в одной местности бывают весьма редко. Лунные же затмения видны на всем ночном полушарии Земли.

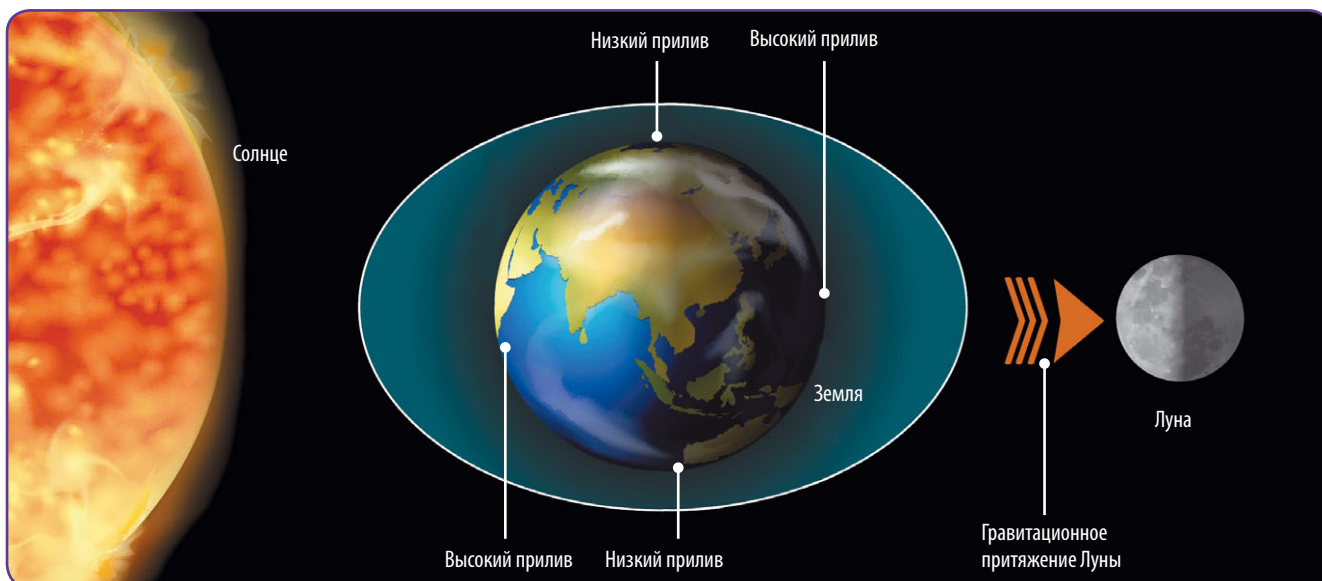


△ Солнечное затмение

△ Лунное затмение

## ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ

Еще одно явление, связанное с Луной, издавна имеет большое значение для жителей морских побережий. Хотя Луна меньше, чем Земля, ее гравитация воздействует на нашу планету, а особенно на ее водную часть, вызывая приливные волны.



△ Механизмы образования океанических приливов

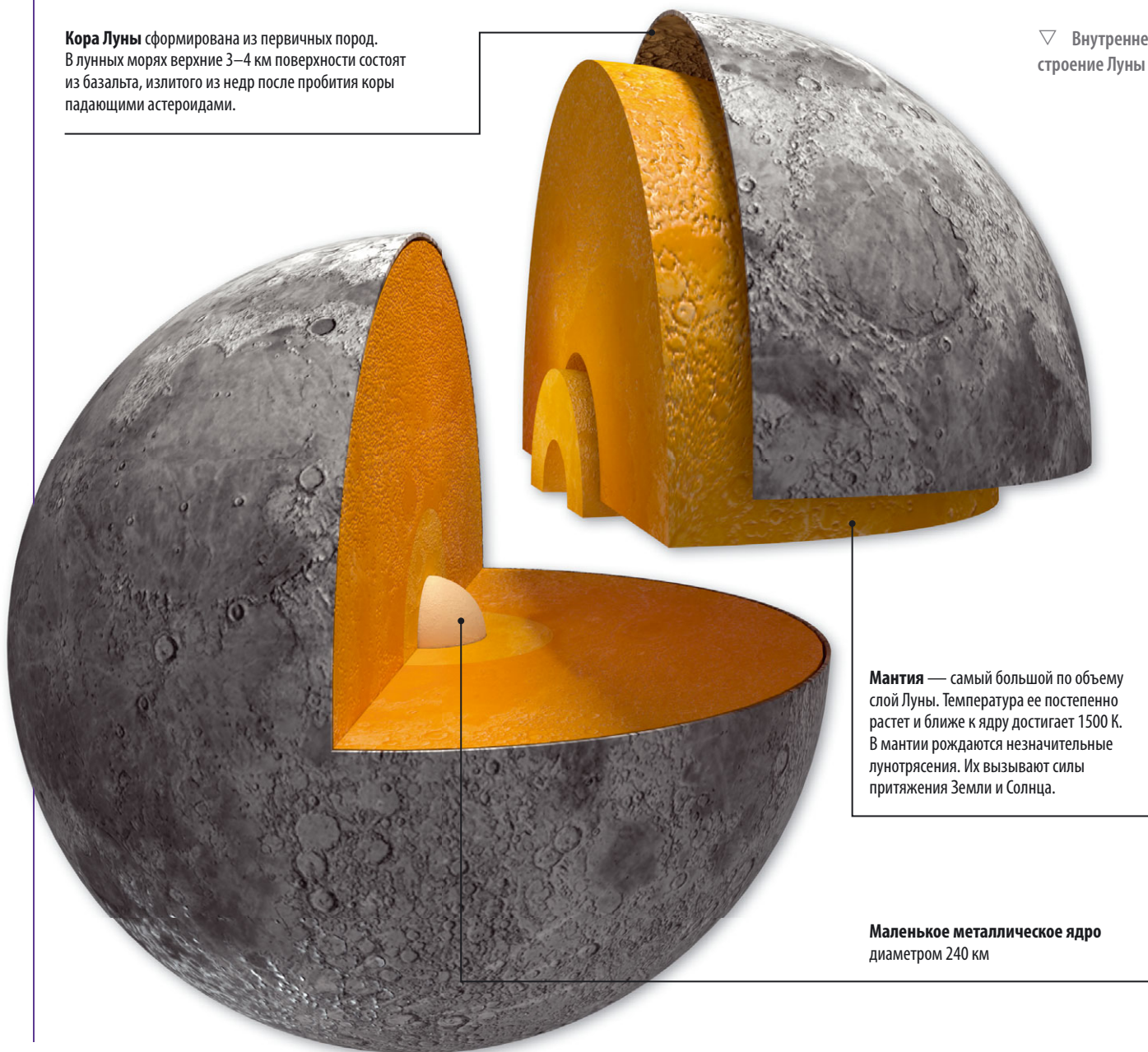


## ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЛУНЫ

Внутреннее строение Луны ученые исследуют с помощью сейсмографов, оставленных на поверхности астронавтами космических кораблей «Аполлон». Эти аппараты настолько чувствительны, что могут зарегистрировать падение горошины на расстоянии километра. По полученным данным Луна имеет маленькое металлическое ядро диаметром 240 км и внешнее ядро из расплавленного железа.

**Кора Луны** сформирована из первичных пород. В лунных морях верхние 3–4 км поверхности состоят из базальта, излитого из недр после пробития коры падающими астероидами.

▽ Внутреннее строение Луны



**Мантия** — самый большой по объему слой Луны. Температура ее постепенно растет и ближе к ядру достигает 1500 К. В мантии рождаются незначительные лунотрясения. Их вызывают силы притяжения Земли и Солнца.

**Маленькое металлическое ядро** диаметром 240 км

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Лунные моря носят названия, напоминающие о погодных явлениях на Земле. Это отголосок бытовавшего когда-то заблуждения, что смена погоды связана со сменой лунных фаз. В правой части диска, которая первой видна после новолуния, находятся Море Спокойствия, Море Ясности, Море Изобилия. Ближе к полнолуннию, когда погода, согласно этому представлению, начинала портиться, открываются Море Облаков, Море Дождей, Океан Бурь.

## ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ

Поверхность Луны покрыта множеством кратеров от ударов метеоритов. Темные лунные моря хотя и не содержат воду, все же отчасти оправдывают свое название — когда-то они были морями жидкой лавы, которая теперь застыла, образовав огромные плоские участки.

### Лунные моря

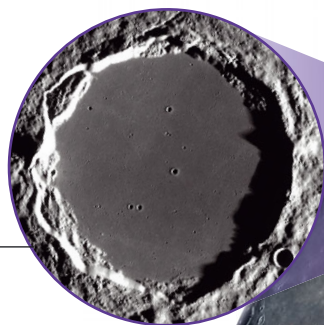
Моря — самые крупные темные места на Луне, различимые даже невооруженным глазом. Свое название они получили еще до эпохи телескопических наблюдений и в период первых несовершенных телескопов. Позже стало ясно, что это такие же сухие пространства, как и другие участки лунной поверхности.

### Лунные кратеры

Лунная поверхность сплошь усыпана крупными и мелкими ударными кратерами, образовавшимися за миллиарды лет метеоритной бомбардировки. Кратеры на Луне чаще всего получают названия в честь ученых (Гагарин, Менделеев, Шрёдингер).

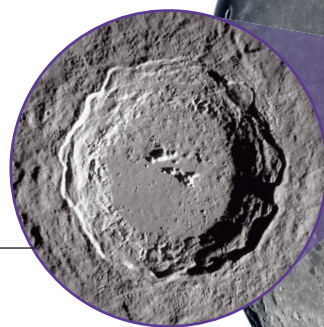
#### Кратер Платон

Диаметр — 100 км. Расположен на видимой стороне Луны в Море Дождей. Назван в честь древнегреческого философа Платона (428 или 427 год до н. э. — 348 или 347 год до н. э.). Это один из самых старых лунных кратеров: возраст его оценивается в 3,84 млрд лет.



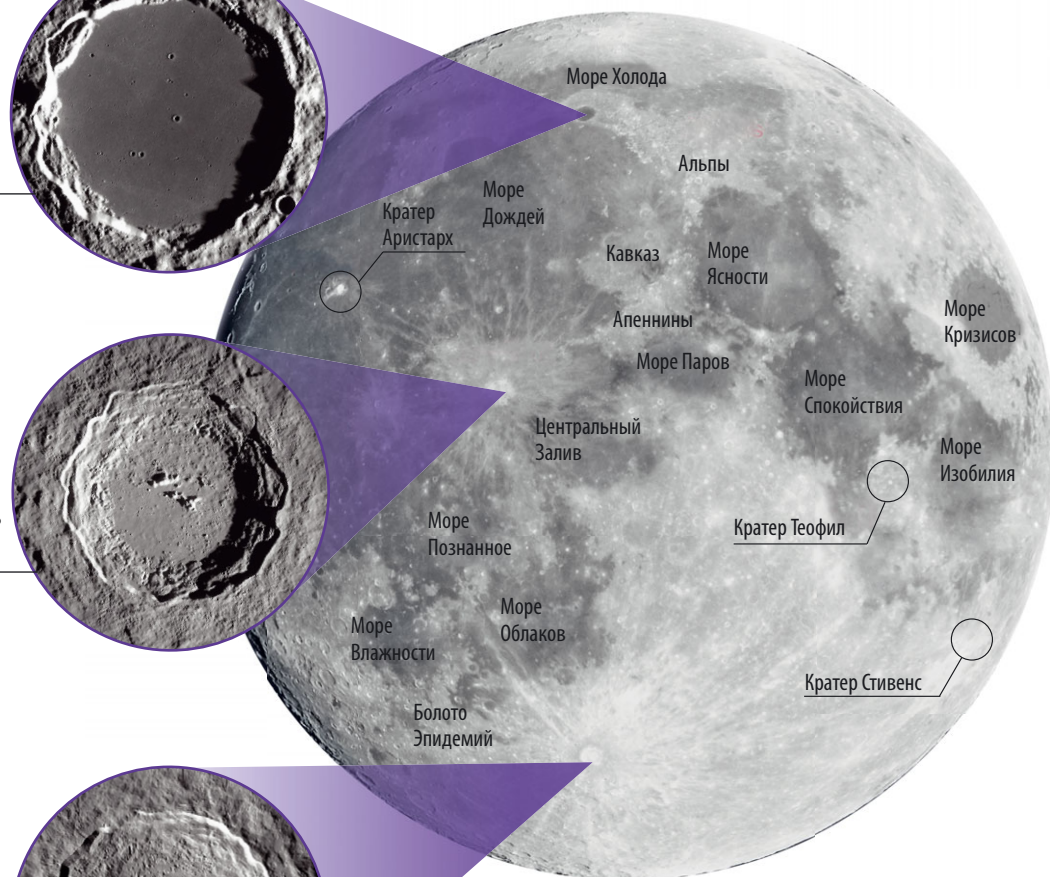
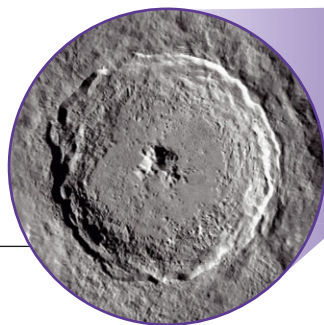
#### Кратер Коперник

Диаметр — 96 км. Назван в честь польского астронома Николая Коперника (1473–1543). Расположен в восточной части Океана Бурь. Возраст — около 800 млн лет, что относительно немного для геологии Луны. Благодаря небольшому возрасту имеет хорошую сохранность и четкость структур.



#### Кратер Тихо

Диаметр — 85 км. Расположен в южной части видимой стороны. Назван в честь датского астронома XVI века Тихо Браге. Это один из наиболее интересных лунных кратеров: он окружен самой заметной на Луне системой светлых лучей, простирающихся на тысячи километров. Особенно хорошо они видны в полнолуние.



△ Карта видимого с Земли полушария Луны

# ИЗУЧЕНИЕ ЛУНЫ

**С ДАВНИХ ПОР ЧЕЛОВЕКА ИНТЕРЕСОВАЛИ ФАЗЫ ЛУНЫ. В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АФРИКЕ НАЙДЕН ДРЕВНИЙ ЛУННЫЙ КАЛЕНДАРЬ — ЕЖЕМЕСЯЧНЫЕ ЦИКЛЫ И ФАЗЫ ЛУНЫ ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ВИДЕ НАСЕЧЕК НА КОСТИ БАБУИНА (ОКОЛО 20 000 ЛЕТ ДО Н. Э.). ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ ПРЕДСКАЗЫВАЛИ ЕЩЕ В ВАВИЛОНЕ. ЗА СЛЕДУЮЩИЕ ВЕКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ПОНИМАНИЕ О СПУТНИКЕ ЗЕМЛИ РАСШИРЯЛОСЬ.**

до н.э.

н.э.

▶ 450

Древнегреческий ученый Анаксагор выдвинул предположение, что Луна светит потому, что отражает свет Солнца. За свою идею о том, что Солнце и Луна не являются божествами, был подвергнут гонениям.

▶ 130

Греческий астроном Гиппарх, сравнивая наблюдения, сделанные над египетскими городами Сиена (ныне Асуан) и Александрия во время полного солнечного затмения, вычислил среднее расстояние от Земли до Луны.

▶ 1609

Итальянский ученый Галилео Галилей впервые исследовал Луну в телескоп и увидел, что ее поверхность не гладкая, как считалось, а покрыта горами, кратерами и плоскими темными областями, которые позже назвали морями.

## «БОЛЬШОЙ СКАЧОК ЧЕЛОВЕЧЕСТВА»

Первая пилотируемая экспедиция — американский космический корабль «Аполлон-11» — совершила посадку на Луну 20 июля 1969 года. В посадочном модуле высадились Нил Армстронг и Эдвин Олдрин, а на орбите оставался Майкл Коллинз. В истории остались крылатые слова Армстронга, сказанные им при выходе на поверхность Луны: «Это маленький шаг человека, но большой скачок для всего человечества».

▽ Эдвин Олдрин на поверхности Луны



## Поездки по Луне

Американские экипажи высаживались на Луну 6 раз. В 1970-х годах на нее отправлялись и советские автоматические луноходы. В настоящее время пилотируемых экспедиций к Луне нет, но к ней регулярно отправляются автоматические станции разных стран. В будущем пилотируемые миссии к нашему естественному спутнику будут продолжаться.

▽ Лунный автомобиль. Снимок КК «Аполлон-15»



## ПЕРСПЕКТИВЫ

Развитие космической техники продолжается, и нет сомнений в том, что создание научных баз и других человеческих поселений на других телах Солнечной системы — события неизбежные в более или менее отдаленном будущем. Луна — первый кандидат на создание таких баз.



### Увидеть невидимое

Ровно через два года после запуска первого искусственного спутника Земли, 7 октября 1959 года, советская АМС «Луна-3» сфотографировала невидимое с Земли полушарие Луны. Оно оказалось похожим на видимое (большое количество кратеров), но отличалось тем, что на нем расположено всего две небольшие темные области, названные Море Москвы и Море Мечты.

▷ Обратная сторона Луны. Снимок АМС Lunar Prospector



#### ▶ 1645–1651

Первые подробные карты Луны составили Ян Гевелий в Германии и Джованни Риччолли в Италии. В 1742 году немецкий астроном Иоганн Дуппельмайер составил сравнительную карту этих двух версий.

#### ▶ 1680-е

Английский ученый Исаак Ньютон разработал теорию гравитации путем изучения математических свойств эллиптических орбит.

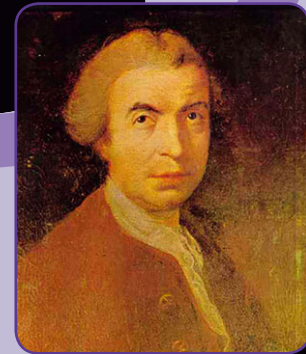
#### ▶ 1753

Хорватский астроном Руджер Бошкович, наблюдая, как звезды мгновенно исчезают, когда Луна проходит перед ними, вместо того чтобы затухать в течение нескольких секунд, предположил: атмосфера Луны ничтожно мала.



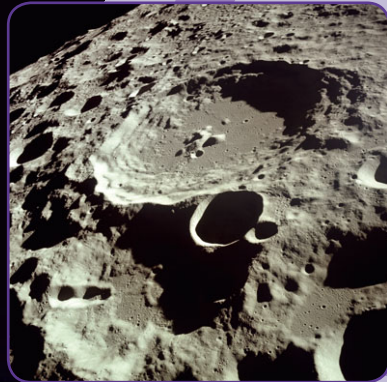
◁ Алекси Клеро

▷ Руджер Иосип Бошкович



#### ◁ 1757

Французский астроном и математик Алекси Клеро сделал первое точное измерение массы Луны, используя результаты своих наблюдений для уточнения ранних расчетов Ньютона.



◁ Лунные кратеры

▷ Одна из теорий происхождения Луны в представлении художника



#### ▶ 1873

Английский астроном Ричард Энтони Проктор предположил, что лунные кратеры появились после падения метеоритов, а не в результате вулканической активности, как считалось ранее.

#### ▶ 1980-е

Наиболее предпочитаемая гипотеза происхождения Луны — формирование из обломков, образовавшихся в результате столкновения Земли и планеты размером с Марс.

◁ Земля над горизонтом Луны. Снимок КК «Аполлон-11»



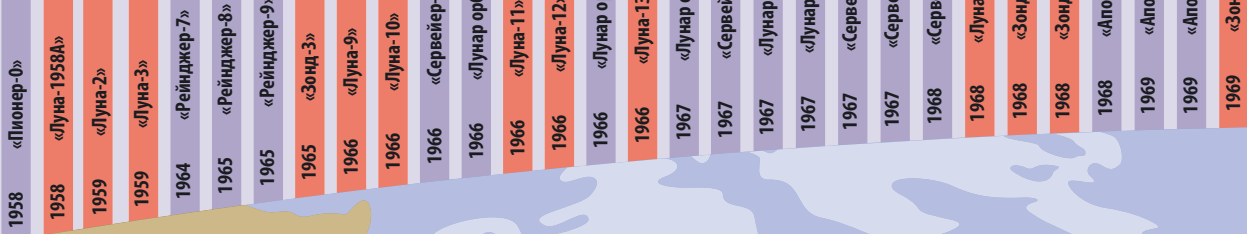
ПОСАДОЧНЫЙ  
МОДУЛЬОРБИТАЛЬНЫЙ  
АППАРАТ

ПРОЛЕТ

ПУТЕШЕСТВИЕ К ЛУНЕ

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ЗАПУСК

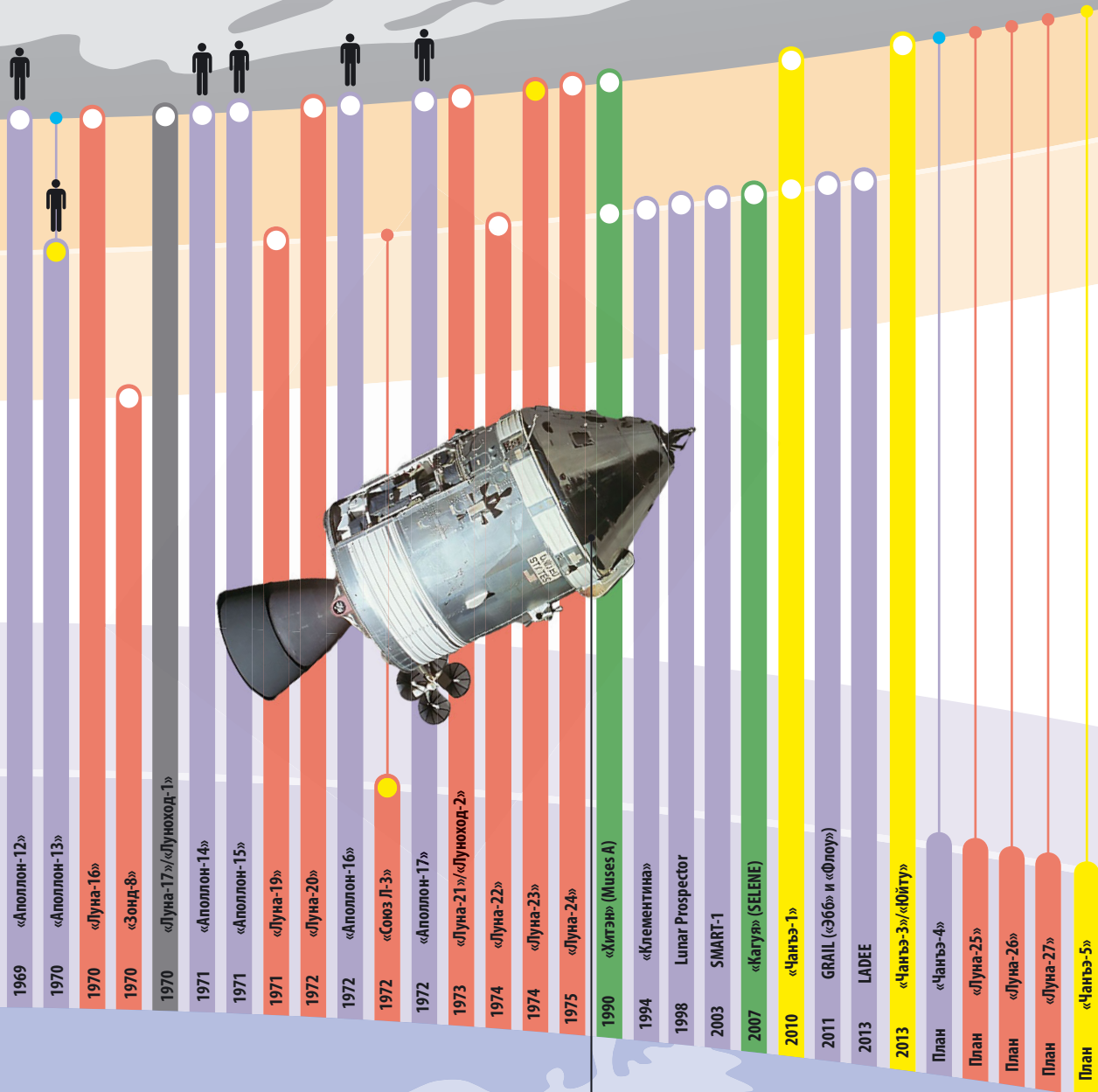


# МИССИИ К ЛУНЕ

## ЛЕГЕНДА

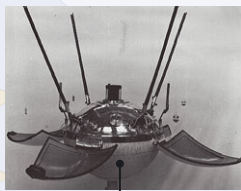
	НАСА (США)		СНСА (Китай)
	СССР / Россия		Успех
	НАСА (Япония)		Неудача
	ЕКА (Европа)		Пилотируемая миссия
			Цель полета

ЛУНА — САМОЕ БЛИЗКОЕ К НАМ КРУПНОЕ НЕБЕСНОЕ ТЕЛО И ПОКА ЕДИНСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ, КРОМЕ ЗЕМЛИ, НА КОТОРЫЙ СТУПАЛА НОГА ЧЕЛОВЕКА. ЛУНА ВСЕГДА ПРИВЛЕКАЛА ВНИМАНИЕ УЧЕНЫХ, И НЕУДИВИТЕЛЬНО, ЧТО С НАЧАЛОМ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ ОНА СРАЗУ СТАЛА ЦЕЛЮ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПИЛОТИРУЕМЫХ КОРАБЛЕЙ.



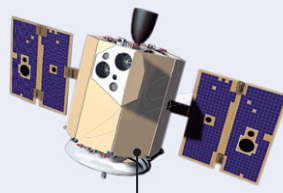
### «Луна-9»

Советская межпланетная станция «Луна-9» в 1966 году впервые в истории освоения космоса совершила мягкую посадку на поверхность Луны. Это подтвердило, что ее грунт достаточно твердый, чтобы выдержать вес десантного корабля, и люди смогут передвигаться по нему не проваливаясь.



### «Клементина»

Космический аппарат НАСА «Клементина» в 1994 году произвел подробную фотосъемку поверхности Луны и передал на Землю ультрафиолетовые и инфракрасные изображения, которые позволили ученым вычислить концентрации различных минералов на поверхности Луны.



### Миссии «Аполлон»

В ходе серии миссий «Аполлон» на Луну в 1969–1972 годах американские астронавты высадились на ее поверхность и собрали образцы горных пород, анализ которых значительно расширил знания о составе поверхности Луны и истории ее образования.



### Lunar Prospector

Американский орбитальный аппарат Lunar Prospector в 1998 году обнаружил избыток водорода у полюсов Луны. Это свидетельствует о наличии льда в нескольких верхних метрах поверхности, в пределах постоянно затененных кратеров.



# МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ

**КАЖДЫЙ ИЗ НАС ХОТЯ БЫ РАЗ В ЖИЗНИ ВИДЕЛ, КАК В ТЕМНОМ НОЧНОМ НЕБЕ БЛЕСТИТ ЯРКАЯ ВСПЫШКА — ПАДАЮЩАЯ ЗВЕЗДА. ЭТО ЯВЛЕНИЕ НАЗЫВАЕТСЯ МЕТЕОРОМ И ВЫЗЫВАЕТСЯ СВЕЧЕНИЕМ АТМОСФЕРЫ ВОКРУГ ТВЕРДОЙ ЧАСТИЦЫ, КОТОРАЯ ПАДАЕТ НА ЗЕМЛЮ. ПОД ВЛИЯНИЕМ ТРЕНИЯ ЧАСТИЦА НАГРЕВАЕТСЯ И ЧАЩЕ ВСЕГО СГОРАЕТ В ВОЗДУХЕ.**



△ Вторжение метеорных тел в атмосферу Земли в представлении художника

## ЗВЕЗДНЫЕ ДОЖДИ И ЛИВНИ

Метеорные частицы — это в большинстве случаев мелкие пылинки, рассеянные в космическом пространстве. Многие из них движутся хаотично, но есть и такие, что перемещаются вместе большими скоплениями — метеорными потоками. Как правило, такие скопления связаны с орбитами комет. Частицы кометных хвостов рассеиваются вдоль их орбит. В периоды, когда Земля пересекает подобное скопление, мы видим особенно много метеоров, которые вылетают из одной точки на небе. Явление называется метеорным дождем, или максимумом метеорного потока.

◁ Метеорный поток Персеиды ударяет справа от Млечного Пути 12 августа 2007 года

## ОГНЕННЫЕ ШАРЫ

Изредка в атмосферу Земли вторгаются особенно крупные частицы — от камешков величиной в несколько сантиметров до глыб массой в тонны. Их полет сопровождается особенно яркой вспышкой, иногда по небу пролетает светящийся шар. Такие особо яркие метеоры называются болидами. Тела, порождающие их, часто избегают полного разрушения. Фрагменты межпланетного вещества падают на Землю. Найденные на Земле, они называются метеоритами.

## САМЫЕ ИЗВЕСТНЫЕ МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

**Персеиды** — максимум 12 августа, метеоры вылетают из созвездия Персей.

**Леониды** — максимум 17 ноября, метеоры вылетают из созвездия Лев.

**Геминиды** — максимум 14 декабря, метеоры вылетают из созвездия Близнецы.

**Квадрантиды** — максимум 3 января, метеоры вылетают из созвездия Волпас.



△ Полет болида в представлении художника

## ◎ КАМНИ, УПАВШИЕ С НЕБЕС

Метеориты делятся на три основные группы: каменные, железные и железокаменные. Чаще всего (более 90 % случаев) на Землю выпадают каменные метеориты. Еще около 5 % приходится на железные, самые редкие — менее 5 % — железокаменные.

▽ Железный метеорит



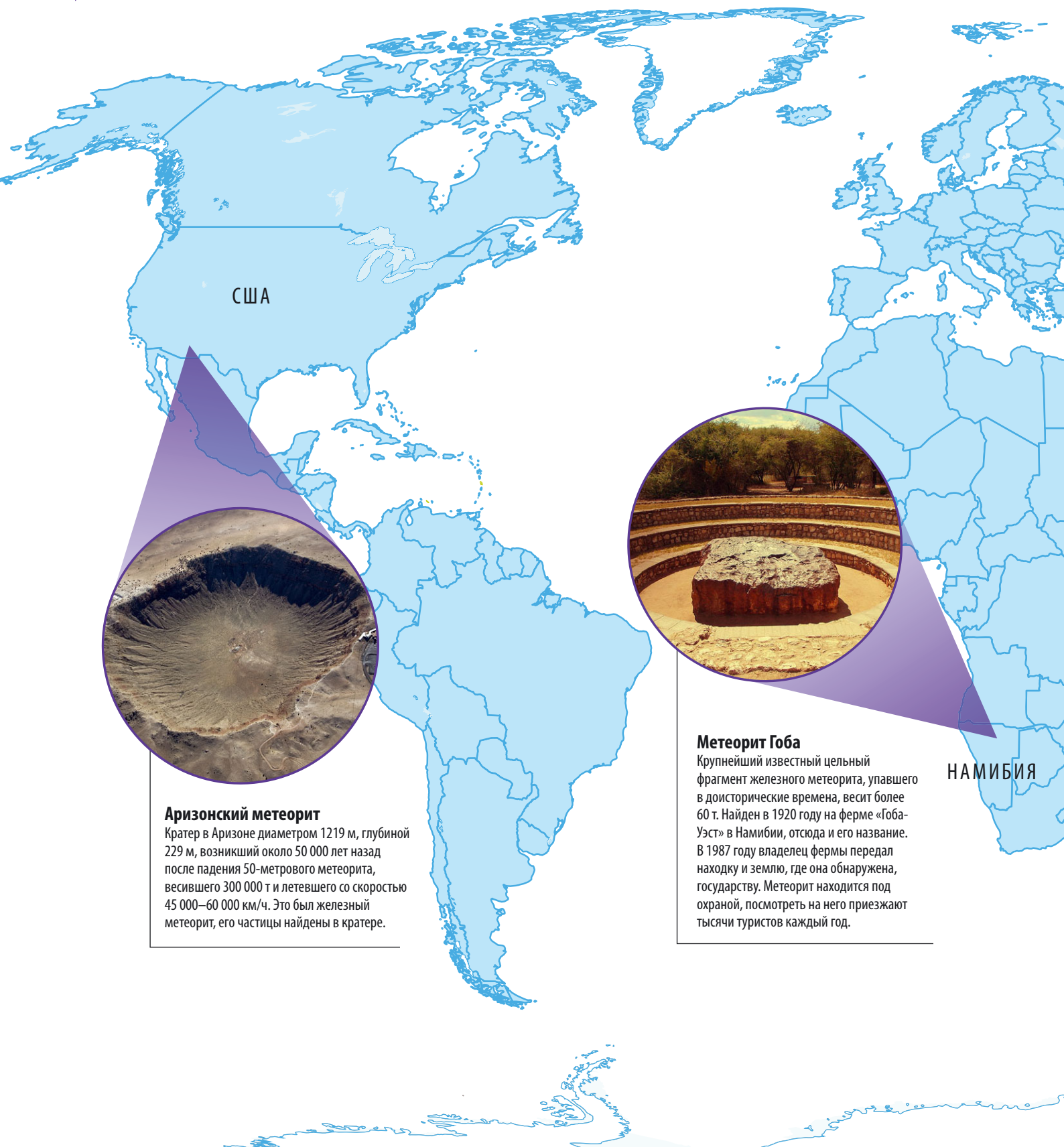
▽ Каменный метеорит





## САМЫЕ ИЗВЕСТНЫЕ МЕТЕОРИТЫ

Следы падения метеоритов не так хорошо заметны на Земле, как на Луне и Меркурии. «Небесных гостей» задерживает земная атмосфера, а следы разрушений, причиненных ими, уничтожают вода, ветер, песок. И все же крупные ударные кратеры на Земле сохраняются.



### Аризонский метеорит

Кратер в Аризоне диаметром 1219 м, глубиной 229 м, возникший около 50 000 лет назад после падения 50-метрового метеорита, весившего 300 000 т и летевшего со скоростью 45 000–60 000 км/ч. Это был железный метеорит, его частицы найдены в кратере.

### Метеорит Гоба

Крупнейший известный цельный фрагмент железного метеорита, упавшего в доисторические времена, весит более 60 т. Найден в 1920 году на ферме «Гоба-Уэст» в Намибии, отсюда и его название. В 1987 году владелец фермы передал находку и землю, где она обнаружена, государству. Метеорит находится под охраной, посмотреть на него приезжают тысячи туристов каждый год.

НАМИБИЯ



◁ Поваленный лес в районе падения Тунгусского метеорита

### Тунгусский метеорит

Загадочное событие произошло 30 июня 1908 года. В дневное время по небу промчался ослепительно яркий болид и рухнул в безлюдную тайгу близ реки Подкаменная Тунгуска. Ученые добрались туда только спустя 20 лет. Они нашли лес, поваленный взрывом на площади 2000 км<sup>2</sup>, но не обнаружили метеоритного вещества. Высказывается предположение, что Тунгусский метеорит состоял из льда, который испарился при взрыве.

РОССИЙСКАЯ  
ФЕДЕРАЦИЯ



### Челябинский метеорит

Этот крупнейший после Тунгусского метеорит упал 15 февраля 2013 года. Ярчайший болид видели жители Челябинска и еще нескольких областей России и Казахстана. Ударная волна при падении причинила большой ущерб зданиям, пострадали люди. Оценка массы до падения — 13 000 т. Крупнейший найденный фрагмент — 570 кг.



### Сихотэ-Алиньский метеорит

Метеорит упал 12 февраля 1947 года в горах Сихотэ-Алинь на Дальнем Востоке, в Приморском крае. Это один из самых крупных найденных метеоритов. Собрано более 3500 фрагментов общей массой 27 т.

# МАРС

**СКОЛЬКО НАДЕЖД СВЯЗАНО У ЧЕЛОВЕЧЕСТВА С ЭТОЙ КРАСНОЙ ПЛАНЕТОЙ! О ПОЛЕТАХ НА МАРС И ВСТРЕЧАХ С МАРСИАНАМИ НАПИСАНЫ ЦЕЛЫЕ БИБЛИОТЕКИ ФАНТАСТИКИ. МАРСИАНЕ В ПРЕДСТАВЛЕНИИ ПИСАТЕЛЕЙ ДОБРЫЕ ИЛИ ЗЛЫЕ, ОНИ НАМНОГО ПРЕВОСХОДЯТ НАС В РАЗВИТИИ ЛИБО, НАОБОРОТ, ПРИМИТИВНЫЕ. НАДО ПРИЗНАТЬ, ЧТО ПИЩУ ПИСАТЕЛЬСКИМ УМАМ ДАЛИ УЧЕНЫЕ, В КОНЦЕ XIX ВЕКА ВСЕРЬЕЗ ГОВОРЯВШИЕ О ВОЗМОЖНОСТИ ОБИТАНИЯ НА МАРСЕ РАЗУМНЫХ СУЩЕСТВ. СЕГОДНЯ УСТАНОВЛЕНО, ЧТО ПЛАНЕТА С ЕЕ РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРОЙ, МАЛЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ВОДЫ И ХОЛОДНЫМ КЛИМАТОМ МАЛОПРИГОДНА ДЛЯ ЖИЗНИ. ОДНАКО ИНТРИГА ОСТАЕТСЯ. ЗАГАДКУ ЖИЗНИ НА МАРСЕ ЕЩЕ ПРЕДСТОИТ РЕШИТЬ.**

## ХОЛОДНЫЙ МИР ПОД РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРОЙ

Температура на полюсах Марса зимой может достигать  $-153^{\circ}\text{C}$ , а в летний полдень на экваторе — подниматься до  $+25^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура на планете составляет  $-50^{\circ}\text{C}$ . Атмосферное давление у поверхности Марса в 160 раз меньше, чем у поверхности Земли, и соответствует земному на высоте более 30 км.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Марс — один из трех главных божеств Пантеона, покровитель земледелия и плодородия, постепенно приобрел воинственный характер и стал отождествляться с греческим богом войны Аресом. Амуниция Марса состоит в основном из шлема и круглого щита, а вооружен он, как правило, копьем либо мечом. Символ Марса олицетворяет мужское начало.

▷ Римский бог войны Марс, идентичный Аресу в греческой мифологии

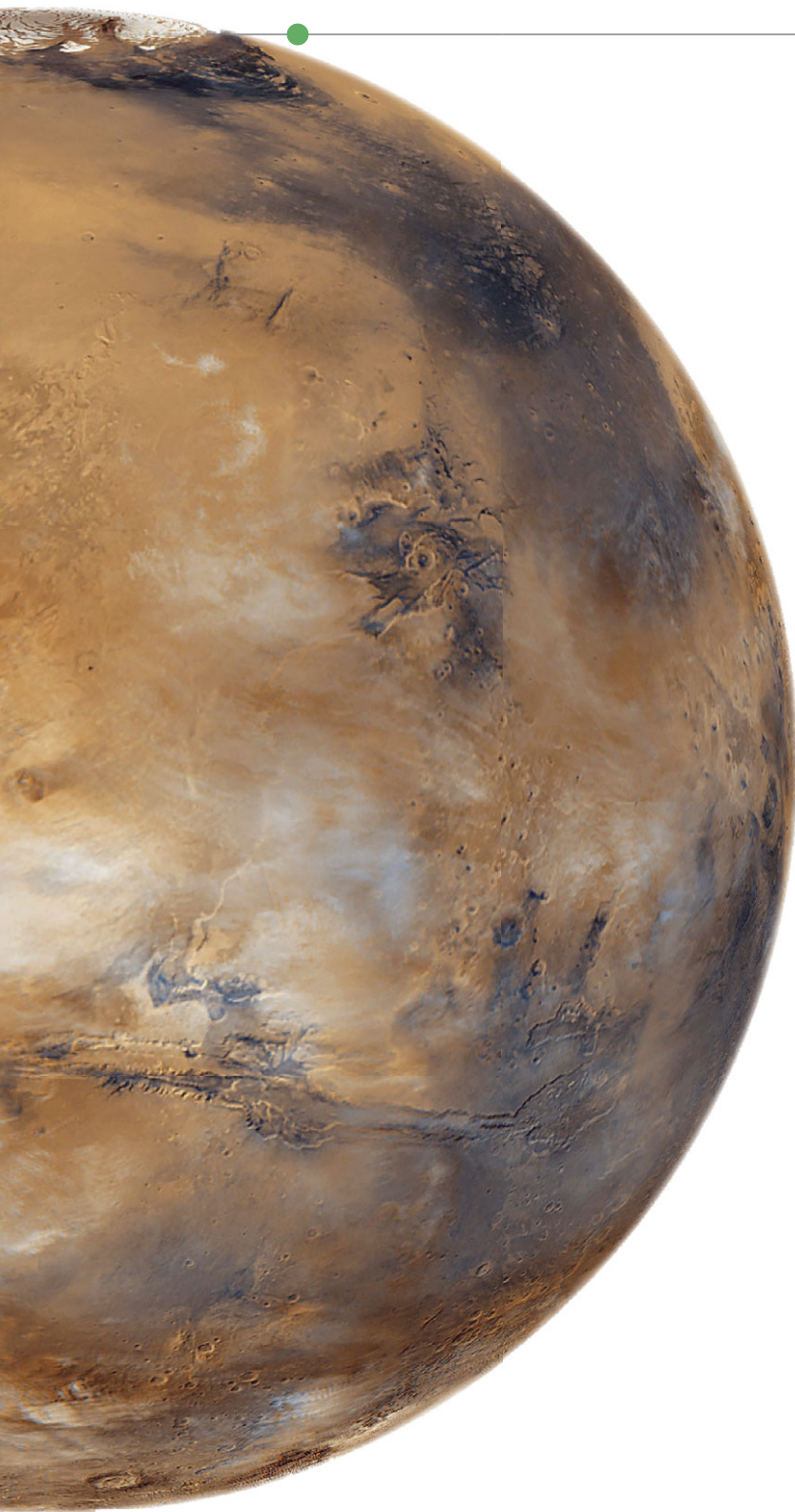


◁ Состав атмосферы Марса

Азот (2,5%)

Другие (2,5%): аргон, водяной пар, угарный газ





**Тип:** планета земной группы

**Год:** 686,98 земных суток (1,8808476 земных лет)

**Сутки:** 24,6229 ч (24 ч 37 мин 22,7 с)

**Среднее расстояние от Солнца:** 227 943 820 км  
(1,523662 а. е.)

**Средний радиус:** 3389,5 км (0,5320 земного)

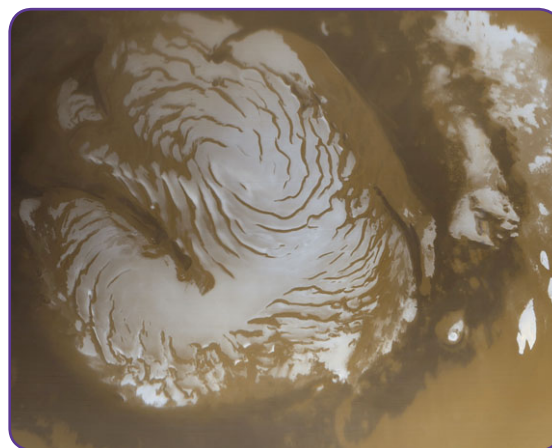
**Масса:**  $0,64185 \cdot 10^{24}$  кг (0,107 земной)

**Атмосфера:** разреженная, состав — углекислый газ, азот, аргон и др.

**Спутники:** Фобос, Деймос

## ШАПКИ «СУХОГО ЛЬДА»

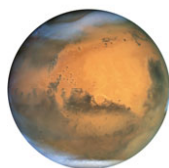
На полюсах Марса лежат полярные шапки, увеличивающиеся зимой и тающие летом. В их состав входят водяной лед и твердый диоксид углерода («сухой лед»). Кроме того, под поверхностным слоем грунта лежат огромные залежи вечной мерзлоты. Считается, что воды в них хватило бы на целый земной океан.



△ Северная полярная шапка Марса. Снимок, сделанный АМС «Марс Глобал Сервейор» 13 марта 1999 года

## ПЛАНЕТА ПЫЛЕВЫХ БУРЬ

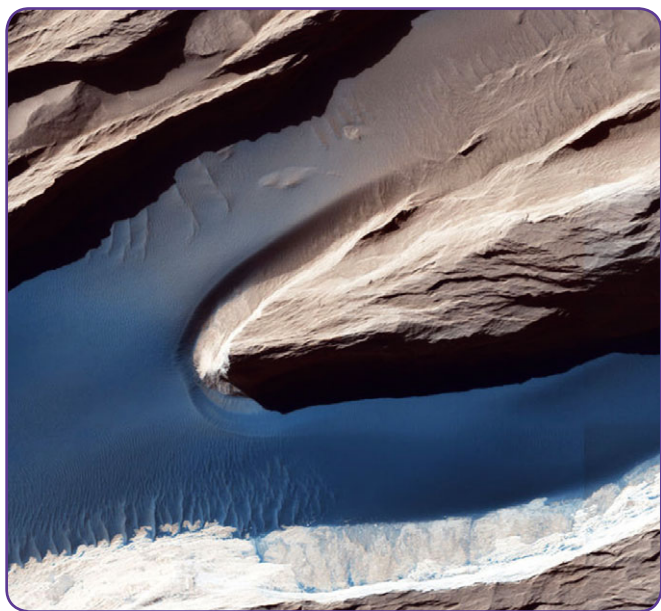
Марсианская атмосфера достаточно плотна, чтобы в ней происходили разнообразные погодные явления. Там образуются облака, дуют сильные ветры, бушуют пылевые бури, а по поверхности проносятся пылевые смерчи.



◁ Сравнительные размеры Марса и Земли

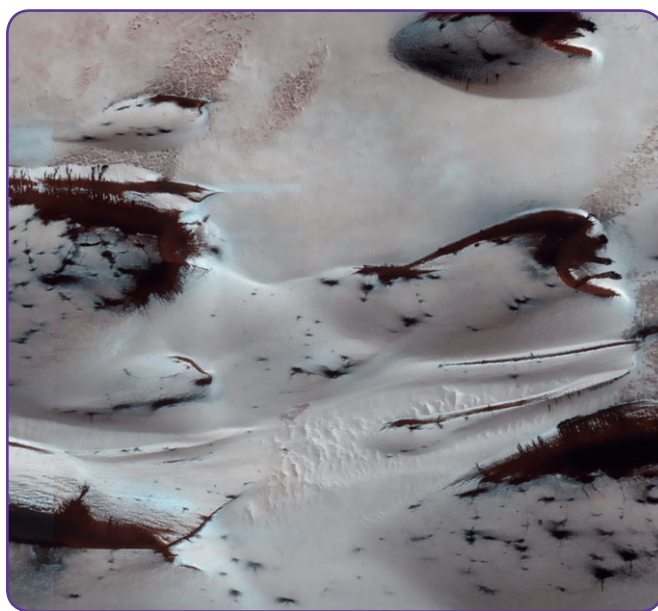
## ◎ ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА

Марс, на орбите и поверхности которого последние десятилетия непрерывно несут службу различные космические аппараты, изучен и сфотографирован буквально вдоль и поперек. Мельчайшие детали, заснятые аппаратом Mars Reconnaissance Orbiter с орбиты, достигают всего 30 см.



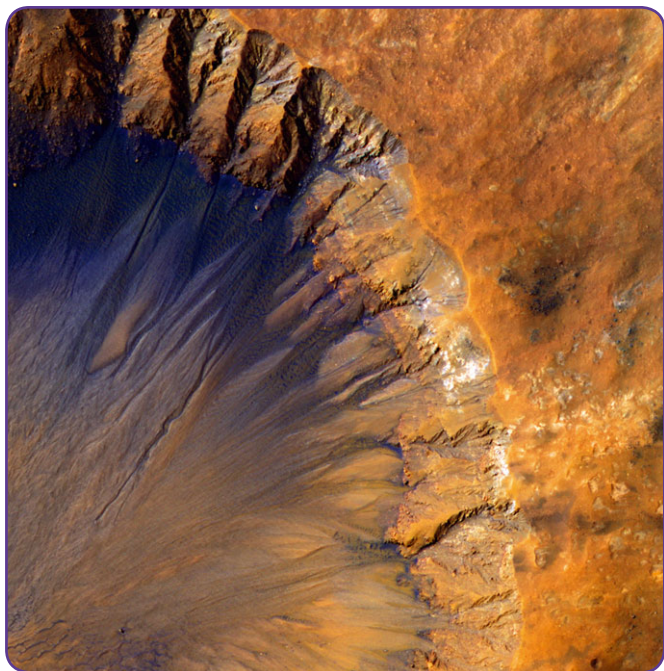
### △ Последствия работы ветра

Ветер — одна из наиболее активных сил, образующих современную поверхность Марса. Он вырезал углубления в скалах, принес в них песок, а на поверхности образовал рябь и небольшие дюны.



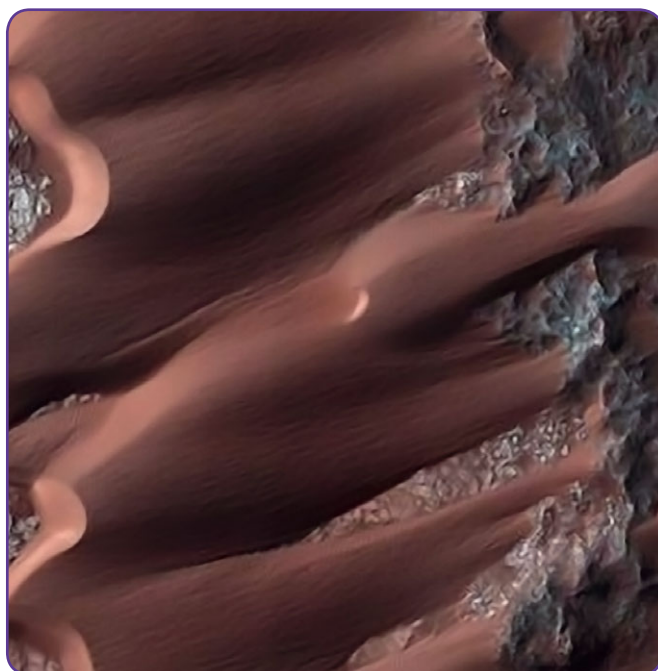
### △ Марсианские песчаные дюны весной

На северной полярной шапке дюны начинают вылезать из-под зимнего покрова «сухого льда», обнажая темные склоны.



### △ Свежий кратер

На молодость (в геологических масштабах) этого ударного кратера указывают его четкий рельеф и хорошо сохранившийся острый кольцевой вал.

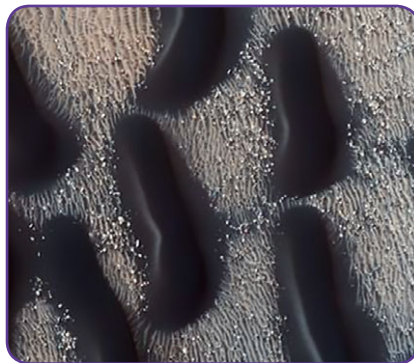


### △ Движущиеся дюны

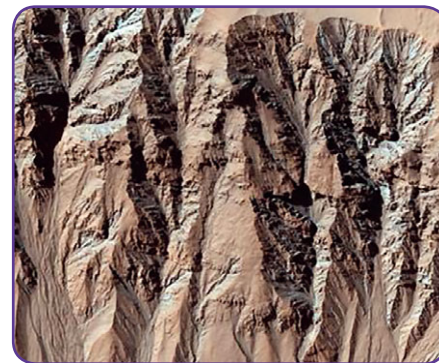
Это активное поле марсианских дюн. За ним ведется постоянное наблюдение, и изменения очевидны. Дюны помогают оценивать направление и силу ветра, его сезонные изменения.



△ Темные дорожки, похожие на татуировку, прочертили по поверхности Марса пылевые смерчи



△ Марсианские дюны похожи на колонии загадочных организмов



△ Ползущие овраги на Марсе, по-видимому, образованы в результате сублимации «сухого льда»

### Долина Маринер

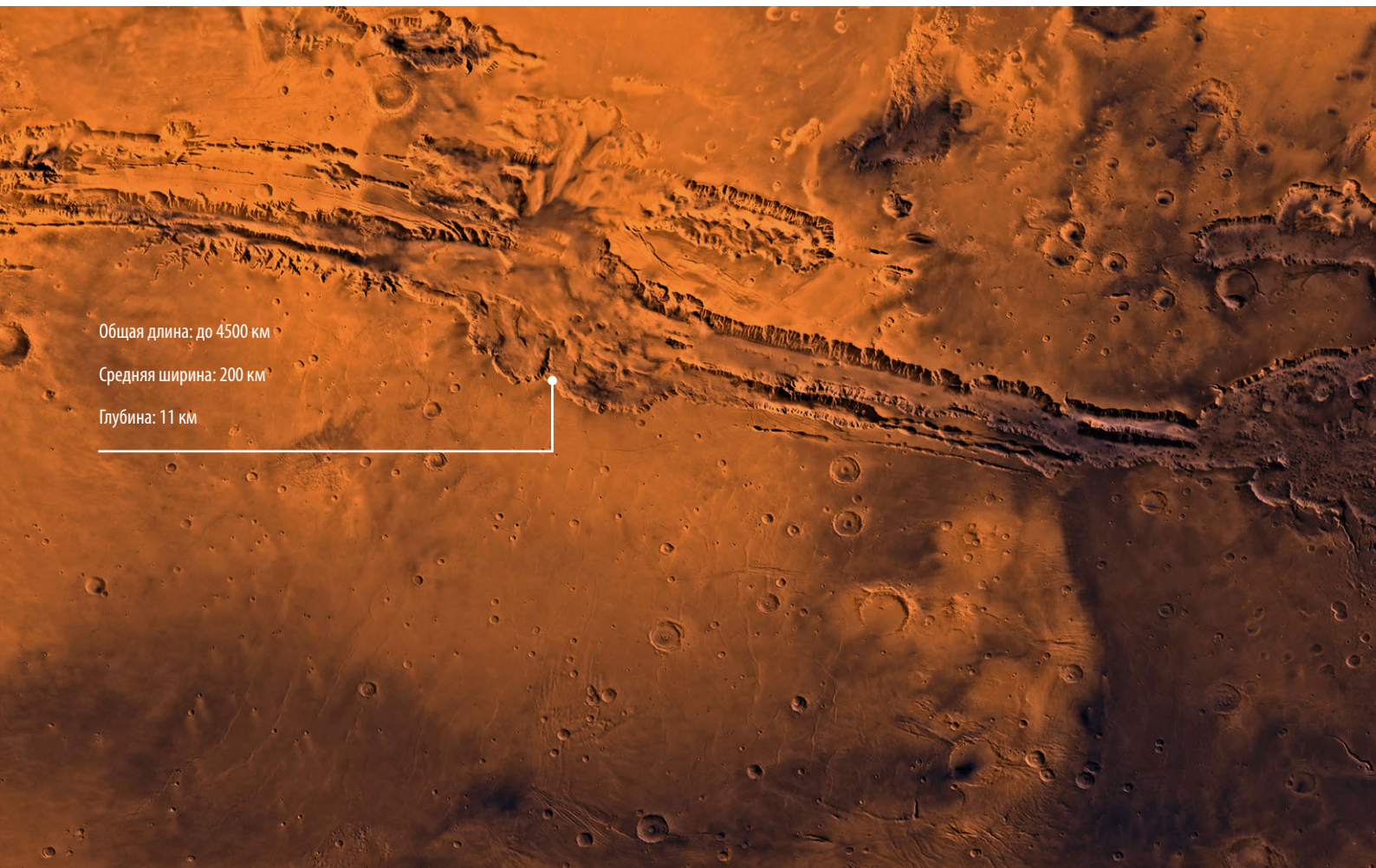
Многие слышали о Большом Каньоне в штате Аризона, США. Он прорезан рекой Колорадо, тянется почти на 500 км, ширина его достигает 30 км, глубина — 1300 м. Однако на Марсе, который гораздо меньше нашей планеты, имеется куда более грандиозное чудо природы. Гигантская трещина, видимая на фотографиях, тянется почти на  $\frac{2}{3}$  диаметра марсианского диска. В длину она достигает более 3000 км, в ширину — 800 км (больше, чем вся длина аризонского каньона), а глубина составляет 11 км. Большинство ученых считают, что трещина возникла в ранние периоды существования Марса, несколько миллиардов лет назад, когда планета остывала. Впоследствии процессы эрозии увеличили ширину трещины.

▽ Долина Маринер — гигантский каньон на Марсе

Общая длина: до 4500 км

Средняя ширина: 200 км

Глубина: 11 км



## СПУТНИКИ МАРСА

У Марса есть два естественных спутника — Фобос и Деймос, названные в честь сыновей греческого бога войны Ареса и его возлюбленной, богини красоты и любви Афродиты. Несмотря на то что в переводе с древнегреческого имена означают «Страх» (Фобос) и «Ужас» (Деймос), они достались очень небольшим небесным телам неправильной осколочной формы.

Возможно, спутники Марса — это астероиды, захваченные притяжением планеты, или обломки более крупного спутника, развалившегося на части.

Фобос медленно приближается к Марсу и через 43 млн лет упадет на него. Деймос, напротив, удаляется от планеты.

▽ Фобос. Снимок АМС Mars Reconnaissance Orbiter

### ФОБОС

**Размеры:** 26,8 × 22,4 × 18,4 км

**Средний радиус:** 11,1 км

**Масса:** 1,072 · 10<sup>16</sup> кг

**Среднее расстояние от Марса:** 9377,2 км

**Период обращения:** 7 ч 39,2 мин

Обращен к планете одной стороной

### ДЕЙМОС

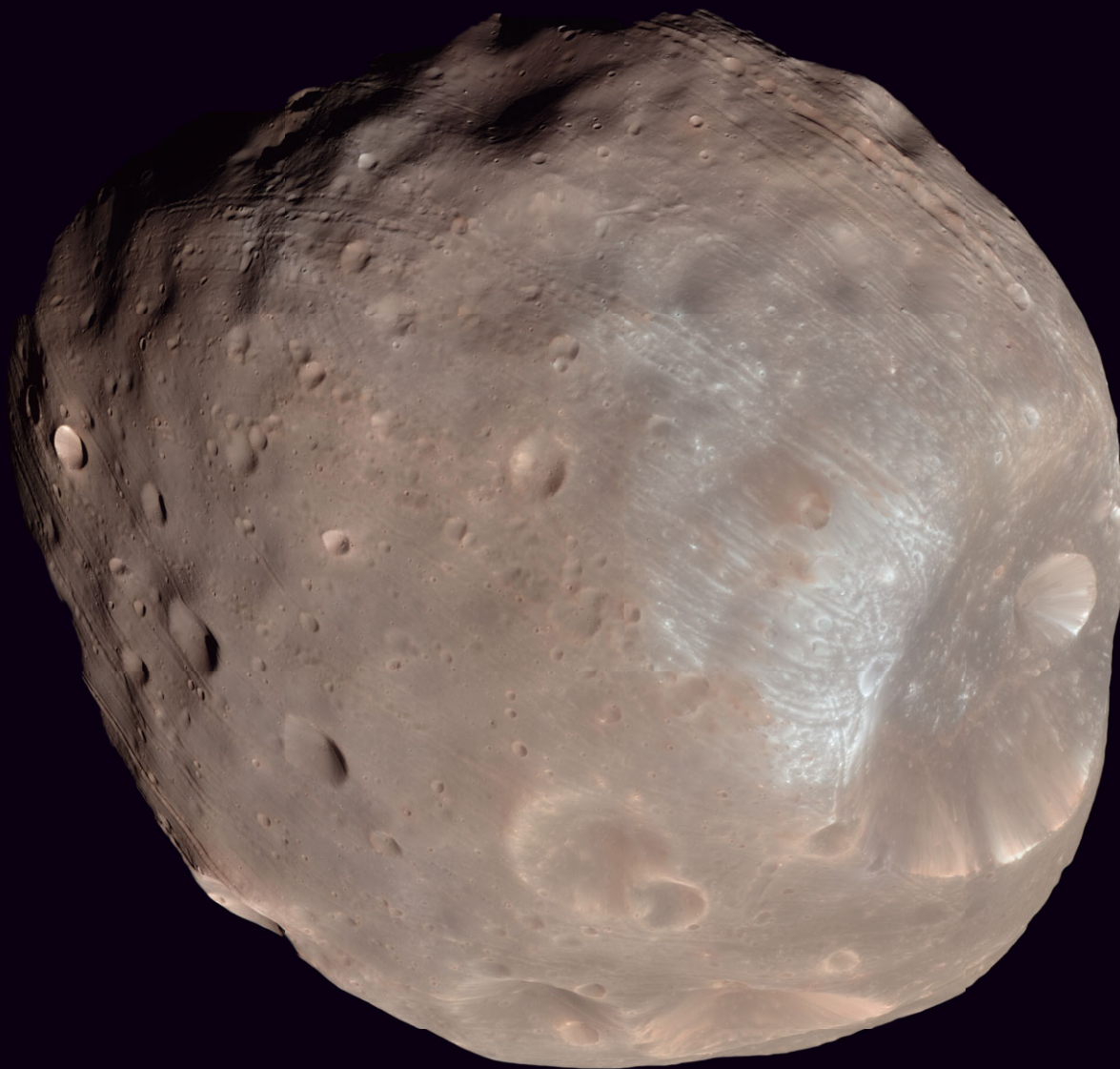
**Размеры:** 15 × 12,2 × 10,4 км

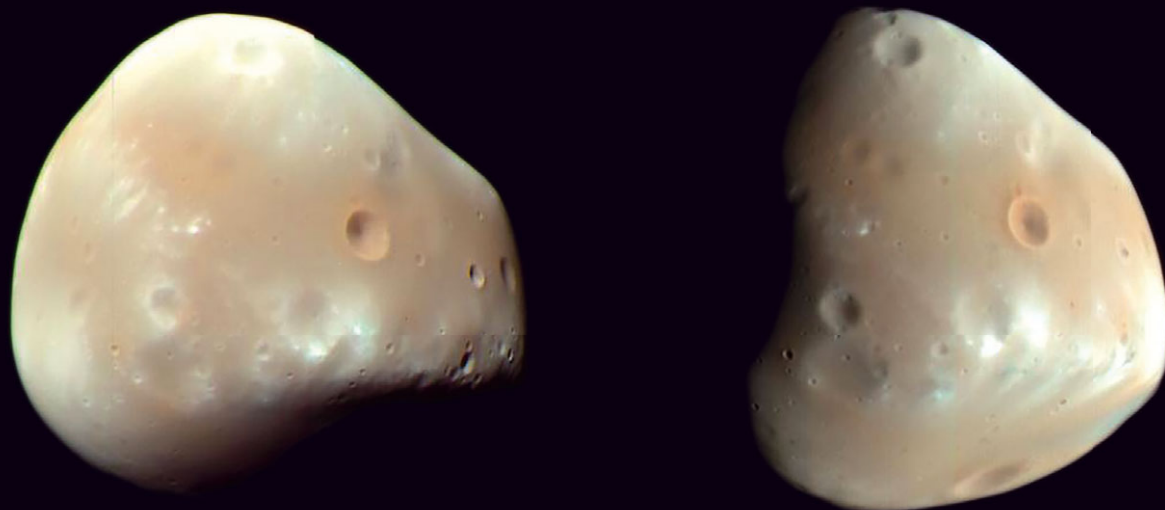
**Масса:** 1,48 · 10<sup>15</sup> кг

**Среднее расстояние от Марса:** 23 458 км

**Период обращения:** 1,26244 дня

Обращен к планете одной стороной





△ Два полушария Деймоса. Снимок АМС Mars Reconnaissance Orbiter

### Литературные предсказания о спутниках Марса

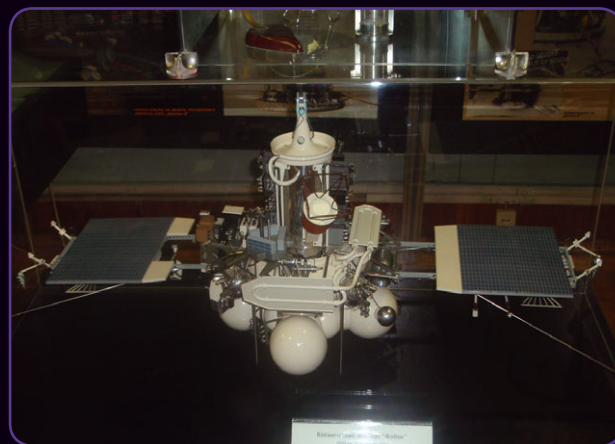
О существовании двух спутников Марса догадывались задолго до их открытия. Сначала их упоминал Иоганн Кеплер в 1611 году. Потом о двух марсианских лунах писали в своих книгах Джонатан Свифт и Вольтер. Возможно, они следовали ошибочной логике: у Земли один спутник, у Юпитера четыре (известных на тот момент), значит, у Марса должно быть два. Теперь мы знаем, что у Юпитера намного больше спутников, и это случайное совпадение. Открыл же Фобос и Деймос в 1877 году американский астроном Асаф Холл. Именами Свифта и Вольтера названы кратеры на Деймосе.



△ Франсуа-Мари Аруэ (Вольтер)



△ Джонатан Свифт

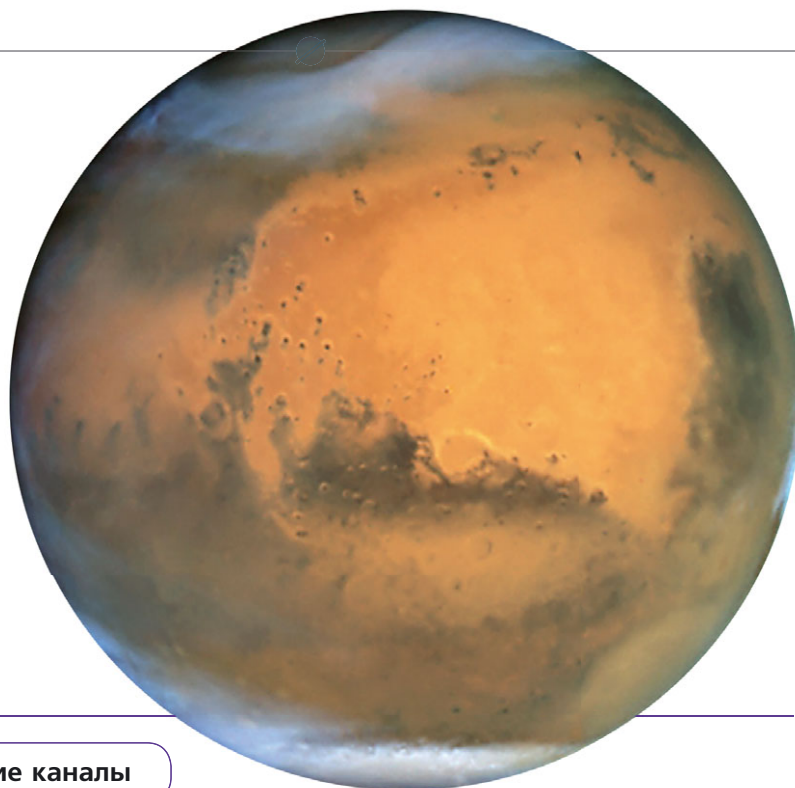


△ Космическая станция «Фобос» (модель)

### Негостеприимные спутники

Фобос и Деймос неоднократно фотографировали АМС, изучавшие Марс, но ни одна из космических миссий, направленных на изучение самих спутников Марса, не увенчалась успехом. «Марс-96» и «Фобос-Грунт» потерпели неудачу вскоре после старта, с «Фобосом-1» связь была потеряна на пути к Марсу, а «Фобос-2» успел передать некоторые данные о спутнике, но связь с ним тоже была утеряна, и высадка спускаемых модулей на Фобос не состоялась.





## ☉ ЗАГАДОЧНАЯ ПЛАНЕТА

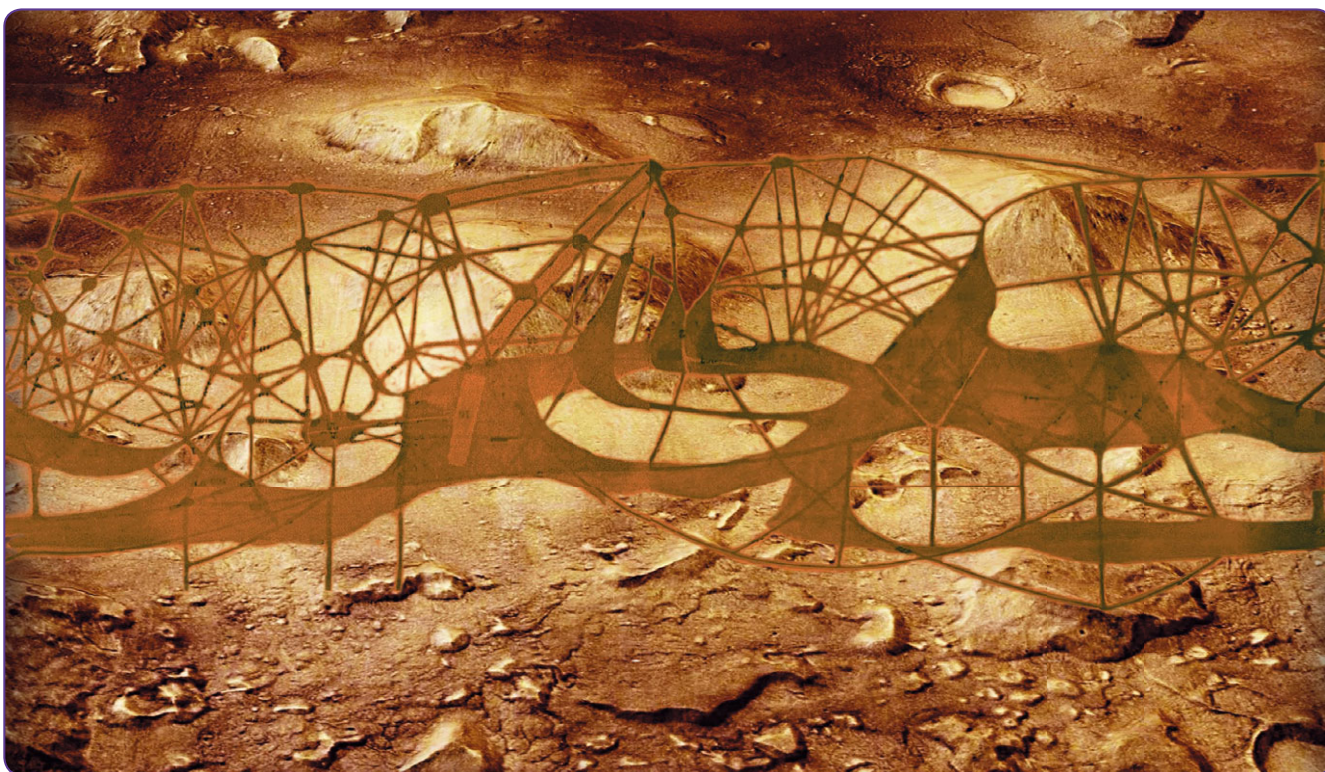
Марс давно притягивал внимание землян. В отличие от далекого маленького Меркурия и закрытой облаками Венеры, на поверхности Марса можно было различить некоторые детали. Но загадок было куда больше, чем ответов на них.

▷ Марс. Снимок космического телескопа «Хаббл»

### Марсианские каналы

В 1877 году итальянский астроном Джованни Скиапарелли заявил об открытии им на Марсе сети тонких линий, названных каналами. Со временем их стали считать полосами растительности вдоль водоемов, а американец Персиваль Лоуэлл выдвинул гипотезу об искусственном происхождении каналов, и, как следствие, разумной жизни на Марсе. Однако новые наблюдения и измерения подтверждали, что марсианский климат крайне суров и непригоден для жизни, похожей на земную. Наконец, космические аппараты, изучавшие Марс, не нашли ничего похожего на каналы. Сейчас ученые считают, что это была оптическая иллюзия, которую видели глаза наблюдателей на очень маленьком даже при наблюдении в большой телескоп диске планеты.

▽ Марсианские каналы. Зарисовка Персиваля Лоуэлла



## Роботы изучают Марс

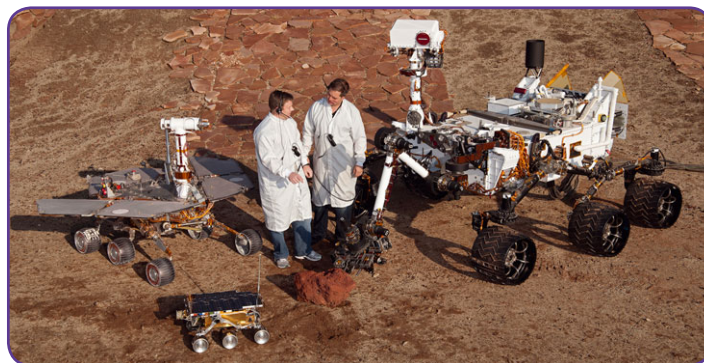
Половина полетов АМС к Марсу потерпела неудачи. Пилотируемая экспедиция к нему — дело чрезвычайно сложное, но человека вполне успешно могут заменить роботы. В настоящее время на орбите вокруг Марса вращаются пять искусственных спутников, а по поверхности передвигаются два марсохода: «Оппортьюнити», работающий рекордно долго — с 25 января 2004 года, и «Кьюриосити», прибывший на планету 6 августа 2012 года. Первый занимается геологическими исследованиями. В программу второго включен поиск признаков жизни на Марсе.

Кроме того, в марсианских песках неподвижно застыли еще два марсохода: «Соджорнер» (работал с 4 июля по 27 сентября 1997 года) и «Спирит» (с 4 января 2004 года по 22 марта 2010-го). Все четыре марсохода многократно превысили планируемый срок своей работы.

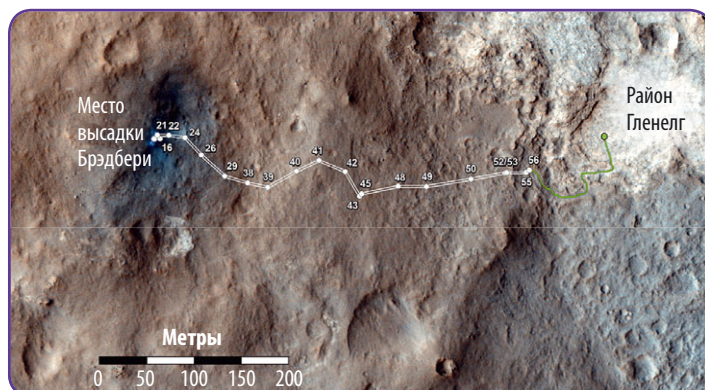
**Видеокамеры и инструменты** для удаленного исследования пород, съемок панорам и корпуса марсохода, а также лазер для испарения пород с расстояния до 7 м. Высота мачты — 2,1 м.

**Рука-манипулятор.** На ней установлены приборы для подробного изучения состава пород и проведения съемки объектов на маленькой дистанции.

▷ Марсоход «Кьюриосити» на поверхности Марса в представлении художника

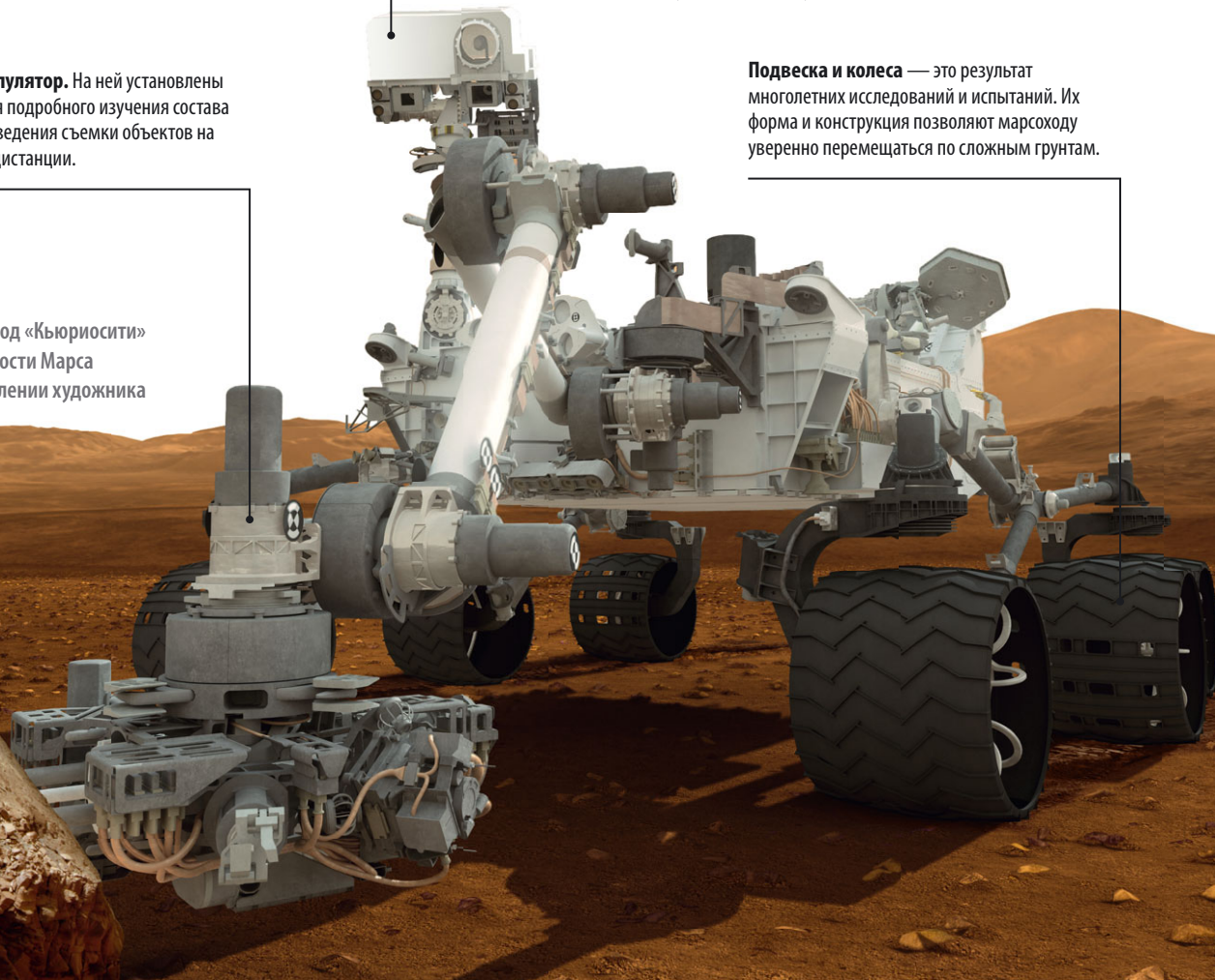


△ Модели марсоходов в натуральную величину: «Соджорнер» (самый маленький) «Оппортьюнити» (средний), «Кьюриосити» (самый большой)



△ Путь длиной 484 м, пройденный марсоходом «Кьюриосити» за 40 марсианских суток в 2012 году

**Подвеска и колеса** — это результат многолетних исследований и испытаний. Их форма и конструкция позволяют марсоходу уверенно перемещаться по сложным грунтам.



## ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ МАРСА

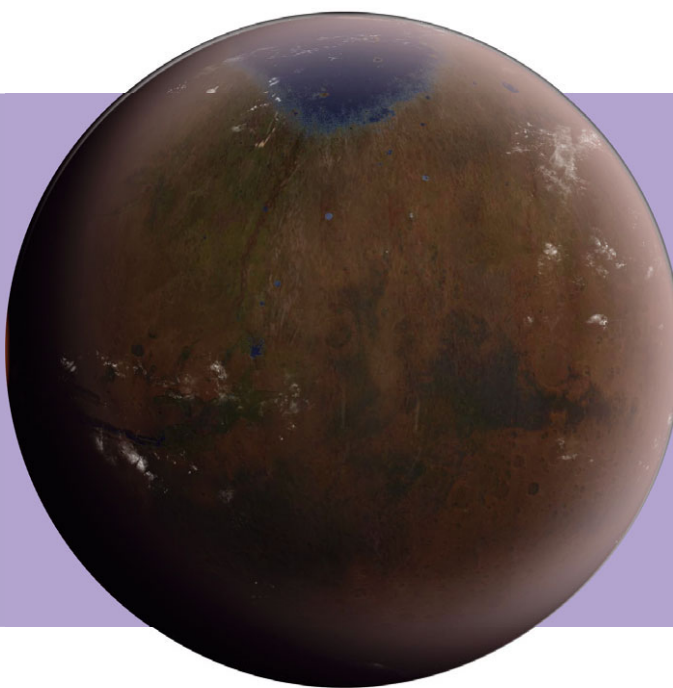
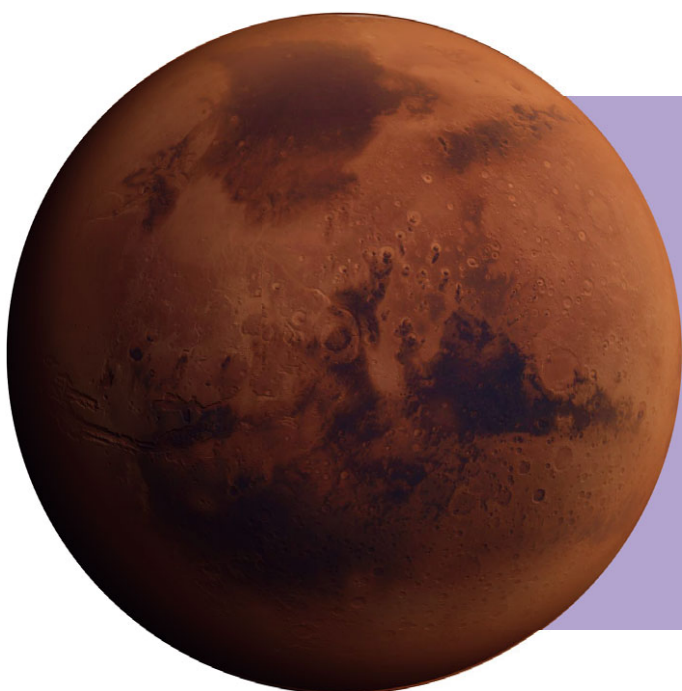
Сегодня Марс — суровый мир. Его тонкая атмосфера постепенно теряется, ведь ее не держит слабая гравитация планеты, слабое магнитное поле не защищает от солнечного ветра. Из-за низкого атмосферного давления вода вскипает уже при 10 °С. Но так было не всегда.

### Реки и океаны в прошлом Марса

На Марсе известны образования, похожие на русла высохших рек. Марсоходы «Спирит» и «Оппортьюнити» нашли доказательства существования на Марсе в прошлом морей и океанов.

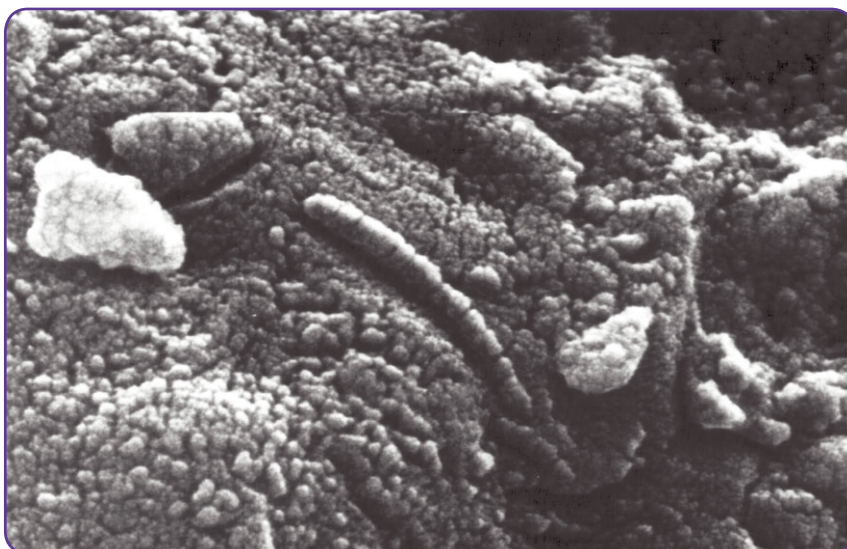
Считается, что около 3–4 млрд лет назад из-за активной вулканической деятельности Марс был окутан плотной атмосферой из водорода и углекислого газа. Температура и влажность на нем были значительно выше, чем сейчас. Планета имела постоянную гидросферу, в ее северном полушарии располагался обширный океан.

▷ Следы водных потоков на Марсе. Фото ЕКА



### Следы марсианской жизни на Земле

Существуют метеориты, которые совпадают по изотопному составу микроскопических вкраплений газа, заключенных в них, с составом атмосферы Марса. Они могли быть выброшены с поверхности планеты при столкновении с астероидом или сильном вулканическом извержении. В 1996 году в одном из таких метеоритов были найдены окаменелости, похожие на земных бактерий. Возраст породы метеорита — около 4 млрд лет. Значит ли все это, что на Марсе была биосфера? Точного ответа пока нет.

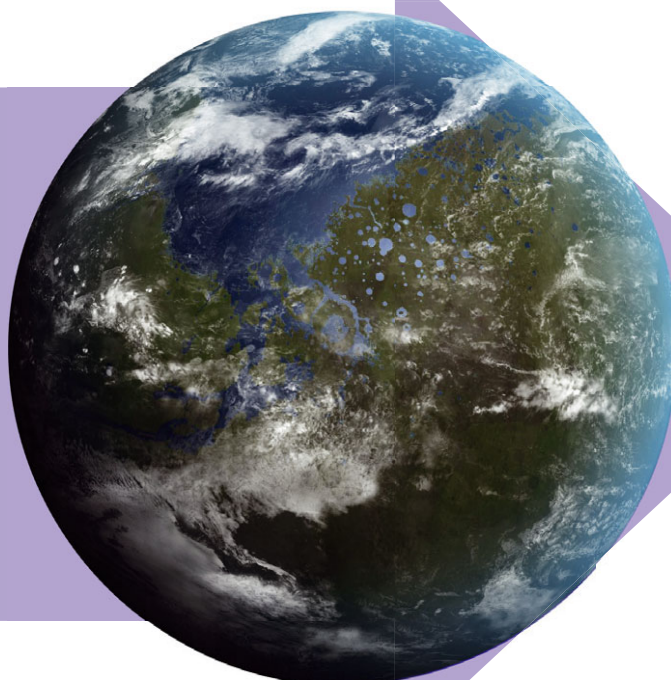
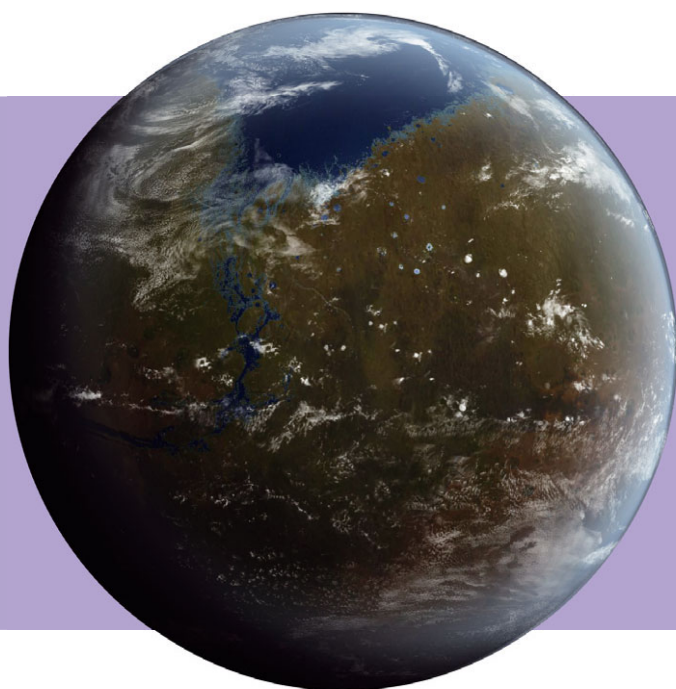


△ Предполагаемые следы бактерий в марсианском метеорите ALH84001

### Преображенный Марс — дело будущего?

Существует много проектов колонизации Марса и его терраформирования (изменения климата). Среди предложенных способов разогрева атмосферы и усиления магнитного поля — управляемый сброс на Марс кометы, вывод крупного астероида на орбиту спутника Марса для возобновления активности марсианского ядра, прокладка кольца из сверхпроводника вокруг планеты. Очевидно, что реализованы они могут быть только в далеком будущем.

▽ Этапы терраформирования Марса в представлении художника





△ Марафонская долина на Марсе. Снимок марсохода «Оппортьюнити»

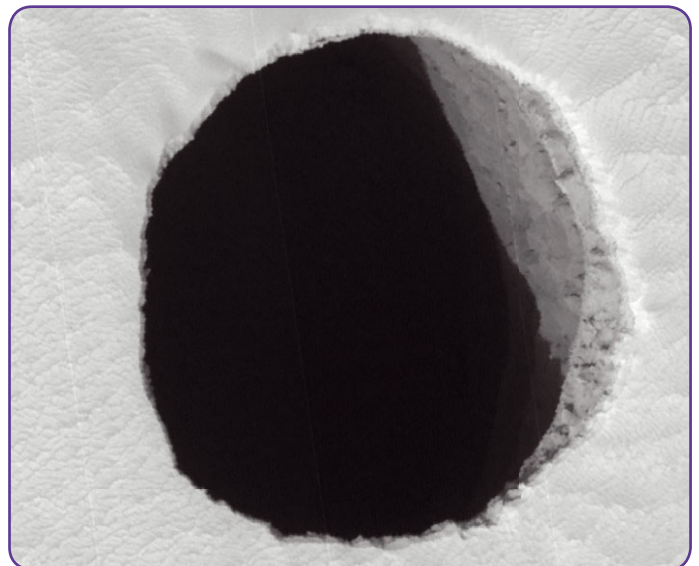
## ЖИЗНЬ НА МАРСЕ

Первые снимки космических аппаратов показали людям каменистые марсианские пустыни, на вид совершенно безжизненные. Считается, что из-за жесткой среды обитания на Марсе не могут выжить многоклеточные организмы. Однако исследователи не хотят сдаваться и продолжают искать хотя бы бактерии.

### Где искать

Согласно расчетам, каждые 50 000 лет на Марсе происходят потепления. В это время могут пробудиться к жизни микроорганизмы, пребывающие в анабиозе. Жизнь может сохраняться под поверхностью Марса, а в частности, в пещерах, где условия не такие жесткие, как снаружи. Кроме того, время от времени в марсианской атмосфере регистрируется метан, который может быть продуктом жизнедеятельности микроорганизмов.

▷ «Колодец» на Марсе — вход в пещеру. Снимок AMC Mars Reconnaissance Orbiter, сделанный 8 августа 2007 года

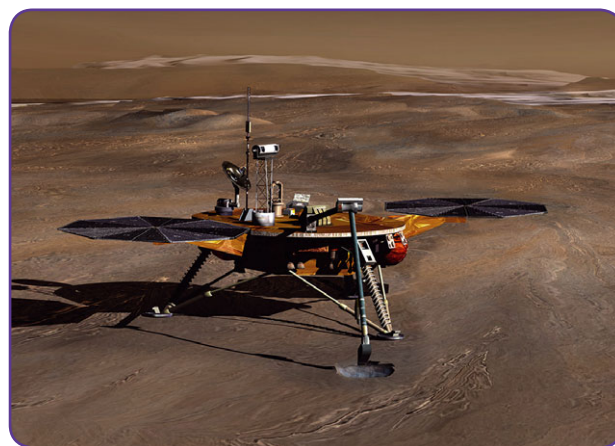
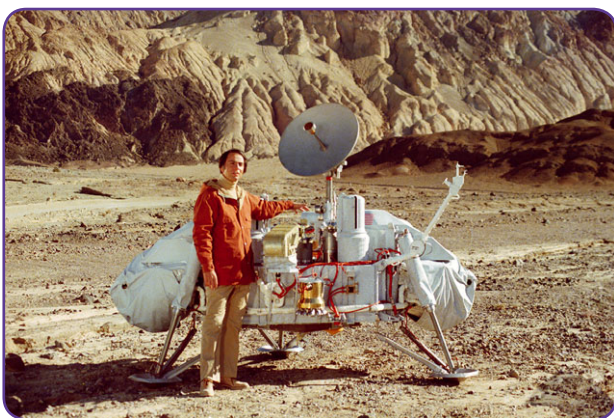




### Есть ли жизнь на Марсе?

На АМС «Викинг-1» и «Викинг-2» в 1976–1982 годах были проведены эксперименты по обнаружению биологической активности в марсианской почве: исследовалось поглощение ею углерода, выделение кислорода; пробы грунта помещали в бульон из веществ, питательных для земных бактерий. Результаты оказались неоднозначными: характер химической активности грунта заставлял сомневаться в ее биологической природе. К тому же при химическом анализе не было найдено органических веществ.

▽ Американский астроном Карл Саган у макета АМС «Викинг»



△ КА «Феникс» на поверхности Марса в представлении художника

Новые исследования с целью обнаружения жизни на Марсе провел в 2008 году космический аппарат «Феникс», опустившийся в полярном районе планеты. Он изучал пробы грунта и льда. Ожидалось, что лед и осадочные породы могут содержать органические включения. Однако и этот эксперимент не выявил следов биологической активности. Зато «Феникс» нашел под слоем грунта водяной лед. А вот «Кьюриосити» обнаружил органические вещества и зафиксировал кратковременное повышение уровня метана в атмосфере. Исследования продолжаются.

# ИЗУЧЕНИЕ МАРСА

**МАРС БЫЛ ИЗВЕСТЕН С ДРЕВНИХ ВРЕМЕН. ПОЗЖЕ ТЕЛЕСКОПЫ ПОКАЗАЛИ КАНАЛЫ — И ЛЮДИ ОШИБОЧНО ПРЕДПОЛОЖИЛИ, ЧТО ЭТО ВЫСОХШИЕ РУСЛА РАЗВЕТВЛЯЮЩИХСЯ РЕК, А ЗНАЧИТ, НА МАРСЕ МОЖЕТ БЫТЬ ЖИЗНЬ.**



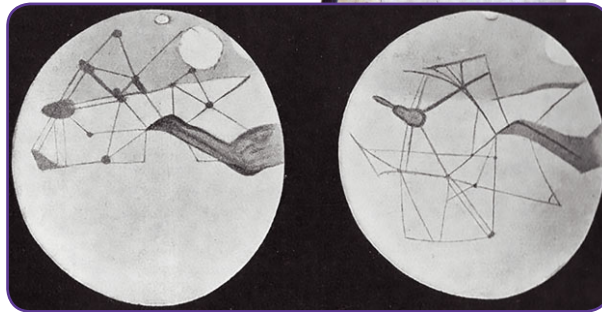
◁ Римский бог войны Марс

ДО Н.Э.

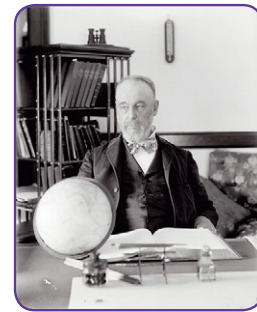
Н.Э.

▶ 500

Свое имя красная планета Марс получила в честь римского бога войны, поскольку ассоциировалась со страстью и борьбой.



▷ Карта Марса с каналами, созданная Персивалем Лоуэллом



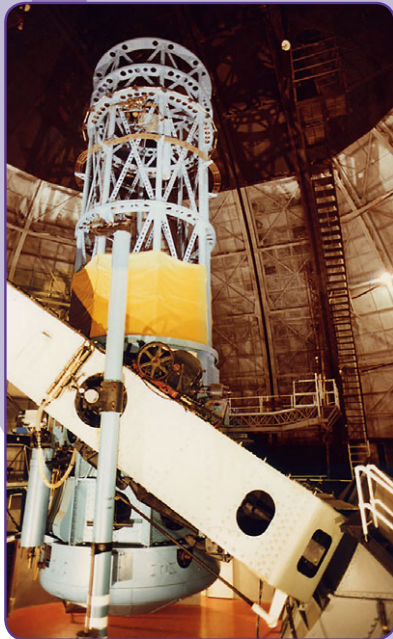
◁ Асаф Холл

◀ 1896

Астроном Персиваль Лоуэлл с помощью телескопа с 60-сантиметровым рефрактором составил карту Марса. Вдохновленный обнаруженными Скиапарелли каналами, ученый в книге «Марс и жизнь на нем» предположил, что планета заселена разумными существами.

◀ 1877

Американский астроном Асаф Холл, используя выгодное положение Марса, с помощью телескопа с 26-сантиметровым рефрактором обнаружил спутники планеты — Фобос и Деймос.



◁ 100-футовый телескоп Хокера

▷ Джерард Петер Койпер

▶ 1924

Американские астрономы Эдисон Петтит и Сет Барнз Николсон, используя телескоп Хокера, измерили температуру поверхности Марса — +7 °С на экваторе и −68 °С у полюса и установили, что ветер и температура на планете сменяются сезонно.

▶ 1947

Американский астроном Джерард Койпер обнаружил, что тонкая атмосфера Марса состоит главным образом из углекислого газа. Это открытие опровергло распространенное мнение о том, что Марс похож на Землю.





◀ Иоганн Кеплер

▶ 1609

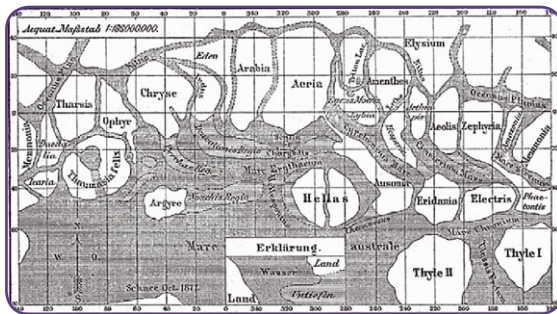
Немецкий астроном Иоганн Кеплер, работая над определением формы орбиты Марса, сделал вывод о том, что планеты имеют эллиптическую орбиту, а не кольцевую, и разработал три закона планетарного движения.



◀ Христиан Гюйгенс ван Зейлихем

▶ 1659

Голландский астроном Христиан Гюйгенс, наблюдая Марс в телескоп, увидел детали, по исчезновению и появлению которых вычислил время обращения планеты вокруг своей оси — 24 ч 40 мин. В 1672 году он обнаружил ледяные шапки на полюсах.



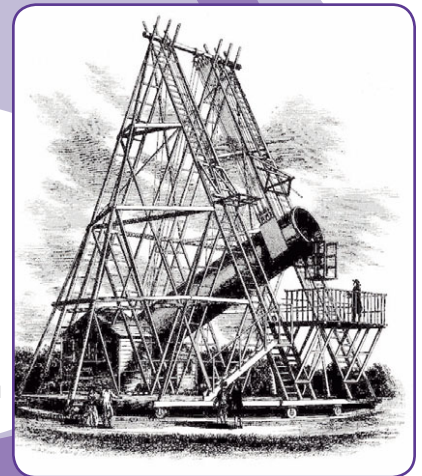
◀ Карта Марса, составленная Джованни Скиапарелли

▶ 1863

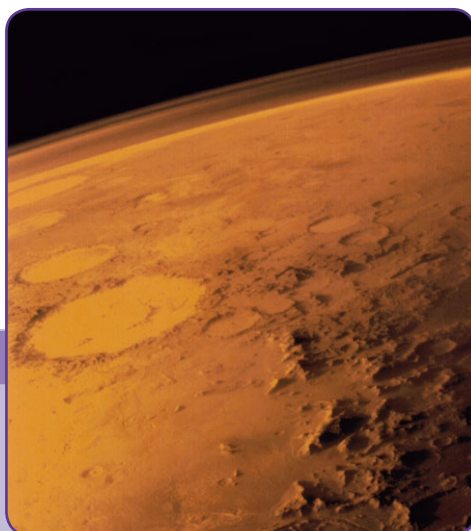
Итальянский астроном Анджело Секки составил первую цветную карту Марса. В 1879 году его коллега Джованни Скиапарелли создал более подробную карту с нанесенными на ней тонкими линиями-каналами.

▶ 1784

Английский астроном Уильям Фредерик Гершель в процессе уточнения периода вращения Марса обнаружил, что его ось наклонена на  $25,2^\circ$  — значит, на планете сменяются времена года и размер ледяных шапок изменяется в зависимости от сезона.



▶ Сорокафутовый телескоп Уильяма Гершеля



◀ Атмосфера Марса. Снимок АМС «Викинг», сделанный в 1976 году

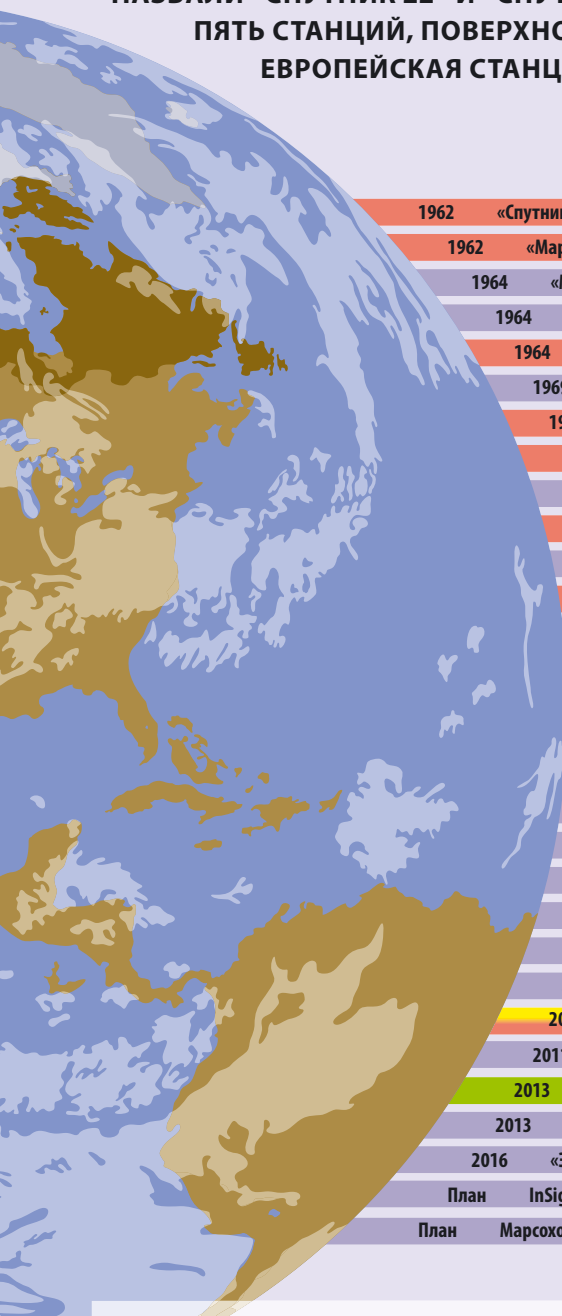
▶ 1984

В Антарктиде найден метеорит ALH84001. Он покинул Марс около 16 млн лет назад и достиг Земли 13 000 лет назад. Метеорит содержит структуры, напоминающие окаменелые микробы.



# МИССИИ К МАРСУ

ЭРА ИЗУЧЕНИЯ МАРСА НАЧАЛАСЬ С 1960-Х ГОДОВ. УСПЕШНО ВЫВЕДЕННЫЕ НА ОКОЛОЗЕМНЫЕ ОРБИТЫ СОВЕТСКИЕ АППАРАТЫ 62А И 62В АМЕРИКАНСКИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ НАЗВАЛИ «СПУТНИК 22» И «СПУТНИК 24». В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ НА ОРБИТАХ РАБОТАЮТ ПЯТЬ СТАНЦИЙ, ПОВЕРХНОСТЬ ИССЛЕДУЮТ АМЕРИКАНСКИЕ МАРСОХОДЫ. ЕВРОПЕЙСКАЯ СТАНЦИЯ EXOMARS ДОСТИГЛА МАРСА 19 ОКТЯБРЯ 2016 ГОДА.



ГОД	НАЗВАНИЕ АППАРАТА	СТАТУС
1962	«Спутник 22»   «Спутник-24»	Орбита Земли
1962	«Марс-1»	Путешествие к Марсу
1964	«Маринер-3»	Путешествие к Марсу
1964	«Маринер-4»	Путешествие к Марсу
1964	«Зонд-2»	Путешествие к Марсу
1969	«Маринер-6»   «Маринер-7»	Орбита Земли
1969	«Марс 1969А»   «Марс 1969В»	Путешествие к Марсу
1971	«Марс-2»   «Марс-3»	Путешествие к Марсу
1971	«Маринер-9»	Орбита Земли
1973	«Марс-5»	Путешествие к Марсу
1975	«Викинг-1»   «Викинг-2»	Орбита Земли
1988	«Фобос-1»	Путешествие к Марсу
1996	«Марс Глобал Сервейор»	Орбита Земли
1996	«Марс-96»	Путешествие к Марсу
1996	«Марс Патфайндер» и «Соджорнер»	Орбита Земли
1998	«Нодзоми»	Путешествие к Марсу
1998	Mars Climate Orbiter	Орбита Земли
1999	Mars Polar Lander и Deep Space 2	Путешествие к Марсу
2001	«Марс Одиссей»	Орбита Земли
2003	«Марс-экспресс» и «Бигль-2»	Орбита Земли
2003	MER-A «Спирит»   MER-B «Оппортьюнити»	Орбита Земли
2005	Mars Reconnaissance Orbiter	Орбита Земли
2007	«Феникс»	Орбита Земли
2011	«Фобос-Грунт»   «Инхо-1»	Путешествие к Марсу
2011	Марсианская научная лаборатория «Кьюриосити»	Орбита Земли
2013	«Мангальян»	Орбита Земли
2013	MAVEN	Орбита Земли
2016	«ЭкзоМарс»	Путешествие к Марсу
План	InSight	Орбита Земли
План	Марсоход «ЭкзоМарс»	Путешествие к Марсу

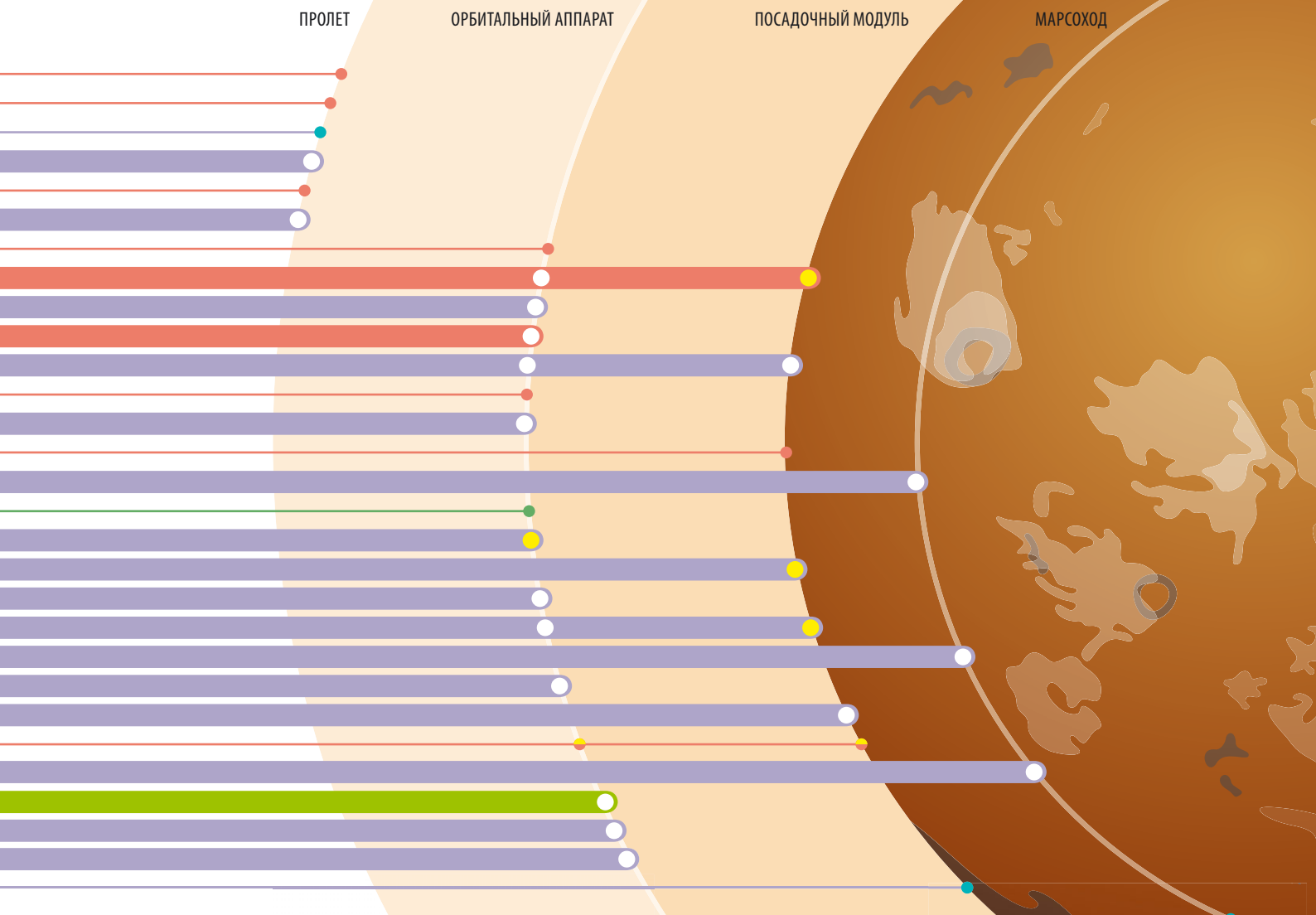


## Первое изображение поверхности

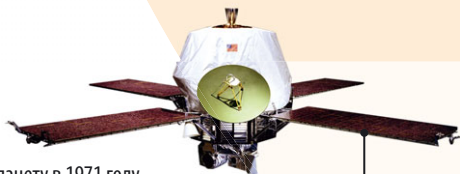
Американский космический корабль «Викинг-1» первым отправил изображения Марса на Землю сразу же после своего прибытия — 20 июля 1976 года. Ранее советскому аппарату «Марс-3», имевшему на борту камеру, не удалось произвести съемку — она остановилась через несколько секунд после приземления.

## ЛЕГЕНДА

	НАСА (США)		CNSA (Китай)		Успех
	СССР / Россия		ISRO (Индия)		Неудача
	НАСА (США)		Совместная миссия России и Китая		Цель полета
	ЕКА (Европа)				

**«Маринер-9»**

Первый космический корабль, вышедший на орбиту Марса, прибыл на планету в 1971 году и составил первую ее глобальную карту. Он обнаружил огромные спящие вулканы, гигантскую систему каньонов и признаки эрозии вследствие воздействия жидкостей. Выяснилось, что южное полушарие планеты больше покрыто кратерами, чем более молодое северное.

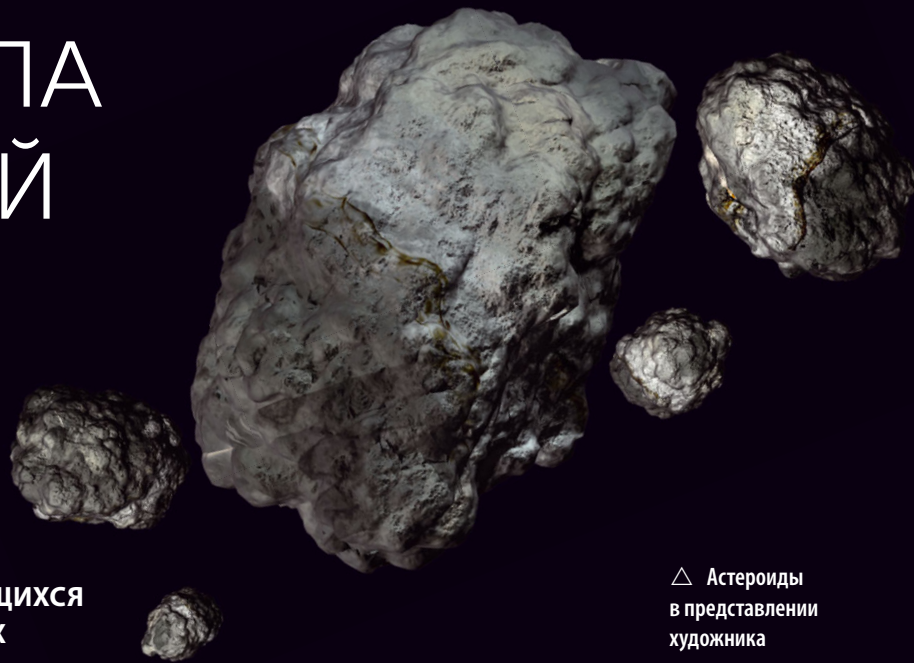
**«Викинг-1» и «Викинг-2»**

Запуск к Марсу двух одинаковых кораблей «Викинг-1» и «Викинг-2», оснащенных орбитальным и посадочным оборудованием, произошел в 1975 году. «Викинг-1» первым сел на поверхность и через 5 мин передал изображения. Миссия обоих кораблей — исследование почвы Марса, поиск существования жизни на планете либо ее следов. На поверхности были обнаружены объекты, похожие на высохшие русла разветвляющихся рек.



# МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

**НАША ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА СОСТОИТ НЕ ТОЛЬКО ИЗ СОЛНЦА И ОКРУЖАЮЩИХ ЕГО ПЛАНЕТ. СУЩЕСТВУЕТ ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО ОБЪЕКТОВ, ВРАЩАЮЩИХСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА, НО ОБЛАДАЮЩИХ ГОРАЗДО МЕНЬШИМИ РАЗМЕРАМИ, ЧТОБЫ ДАТЬ ИМ СТАТУС БОЛЬШОЙ ИЛИ КАРЛИКОВОЙ ПЛАНЕТЫ. ДЛЯ ТАКИХ ОБЪЕКТОВ В 2006 ГОДУ МЕЖДУНАРОДНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ ВВЕЛ ТЕРМИН «МАЛОЕ ТЕЛО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ». К НИМ ОТНОСЯТСЯ АСТЕРОИДЫ, МЕТЕОРИТЫ, КОМЕТЫ. ОРБИТЫ БОЛЬШИНСТВА МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕЖАТ В ГЛАВНОМ ПОЯСЕ АСТЕРОИДОВ (МЕЖДУ ОРБИТАМИ МАРСА И ЮПИТЕРА) И В ПОЯСЕ КОЙПЕРА (ЗА ОРБИТОЙ НЕПТУНА).**



△ Астероиды в представлении художника

## ТИПЫ И РАЗМЕРЫ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Астероидами считают тела диаметром более 30 м, меньшие называют метеороидами (после падения на Землю или другую планету они называются уже метеоритами).

Кометы — это тела, состоящие из смеси камней, льда и пыли, при приближении к Солнцу испускающие газопылевой хвост.

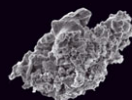
Особо крупных тел в Главном поясе астероидов довольно мало — например, стокилометровых астероидов всего около 200, известно порядка тысячи астероидов радиусом больше 15 км. Основное население Главного пояса, судя по всему, образует несколько миллионов астероидов диаметром в десятки и сотни метров.

Кометы: от 3 км и более

Астероиды: более 30 м

Пылинки: до 1 мм

Метеороиды: до 30 м



## ГЛАВНЫЙ ПОЯС АСТЕРОИДОВ

Название «пояс астероидов» ввел в обращение в середине XIX века немецкий ученый-просветитель Александр фон Гумбольдт. Суммарная масса этих каменных тел диаметром от метра до сотен километров равна примерно 4 % лунной массы, причем больше ее половины заключено в четырех крупнейших телах: Церере, Палладе, Весте и Гигее.

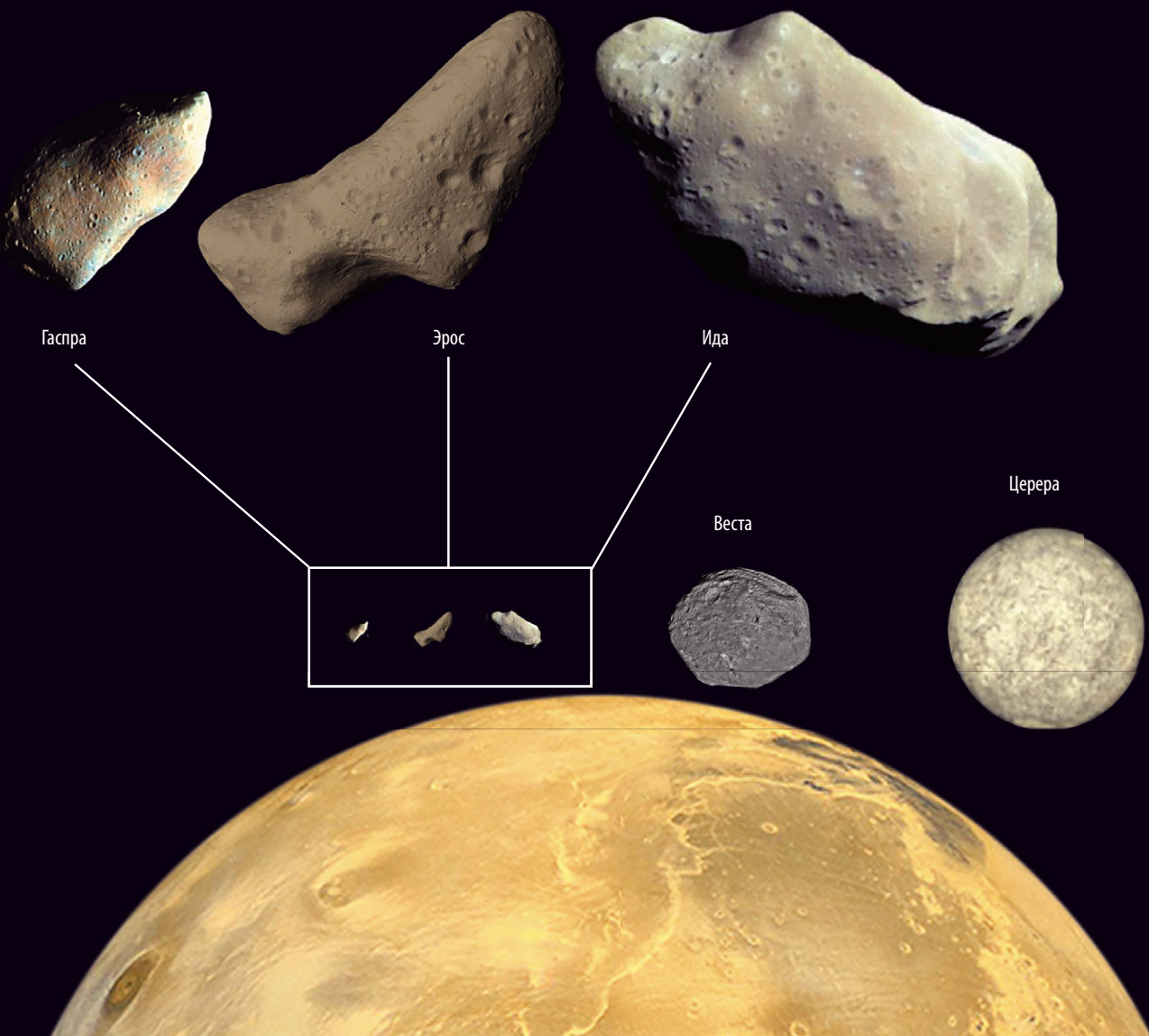
Их средний диаметр близок к 400 км, а самое большое из них — Церера — сейчас принято считать карликовой планетой (ее диаметр — более 950 км, а масса превосходит суммарную массу Паллады и Весты). Однако подавляющее число из многих миллионов астероидов Главного пояса значительно меньше по величине, они составляют в диаметре всего лишь десятки метров.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Существует гипотеза, согласно которой на месте пояса астероидов раньше по орбите вращалась планета Фэтон. Около 3 млрд лет назад в результате столкновения с другим телом она распалась на множество осколков.

Скорее всего, гипотеза неверна. Расчеты, сделанные для того чтобы определить, как двигались астероиды в прошлом, показали, что они никогда не были частью одной планеты. Против гипотезы свидетельствуют и малая суммарная масса астероидов, и доказанная невозможность формирования в этом районе Солнечной системы планеты, испытывающей сильные гравитационные возмущения от Юпитера. Таким образом, Главный пояс астероидов является планетой не разрушенной, а так и не сформированной из-за мощной гравитации Юпитера и других планет-гигантов.

### ▽ Сравнительные размеры астероидов и Марса



## ЦЕРЕРА

Церера была первым открытым объектом в поясе астероидов. Ее обнаружил итальянский астроном Джузеппе Пиацци 1 января 1801 года. Сначала она считалась полноценной планетой Солнечной системы, потом перешла в разряд крупнейших астероидов. С 2006 года по решению Международного астрономического союза Церера считается карликовой планетой.

▷ Поверхность Цереры. Снимок AMC Dawn

**Тип:** карликовая планета

**Год:** 1680,5 суток (4,6 года)

**Сутки:** 9 ч 4 мин 27,01 с

**Среднее расстояние от Солнца:**

413 767 000 км (2,7653 а. е.)

**Экваториальный радиус:** 481,5 км

**Полярный радиус:** 445,5 км

**Масса:**  $9,393 \cdot 10^{20}$  кг

### Уже не астероид

На примере Цереры хорошо видна разница между астероидом и карликовой планетой. Диаметр Цереры — более 900 км, обладая значительной массой, она под действием собственной гравитации приняла форму, близкую к сферической. Другие астероиды, например Веста, имеют неправильную форму.

Кроме того, под действием гравитации на Церере произошло разделение ее материала на ядро, кору и мантию, что тоже нехарактерно для астероидов. Мантия Цереры состоит из водяного льда, а каменное ядро — из силикатных пород.

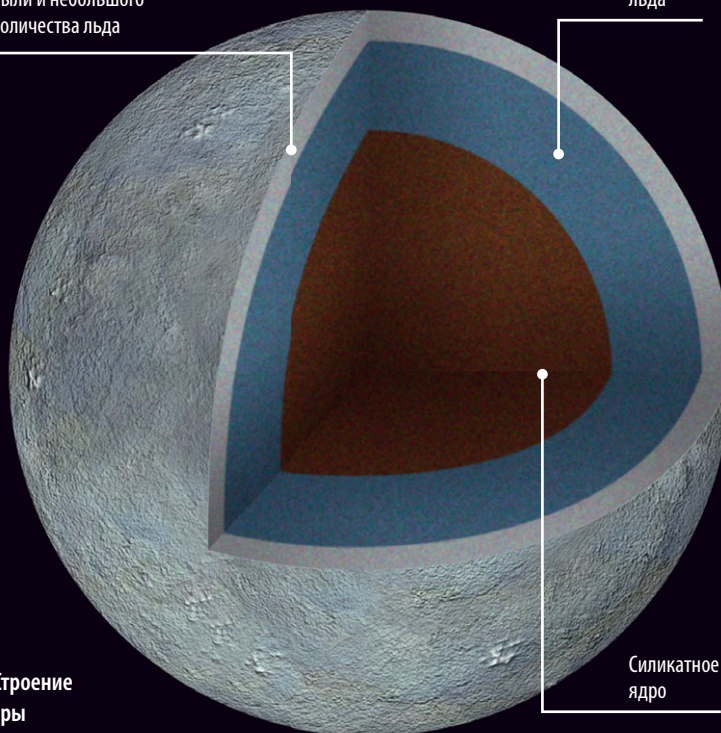


### ▽ Сравнительные размеры Цереры и Весты



Тонкая оболочка из углеродной спрессованной пыли и небольшого количества льда

Слой водяного льда



▷ Строение Цереры

Силикатное ядро

## ВЕСТА

Открытие самого яркого из всех астероидов произошло 29 марта 1807 года и принадлежит немецкому астроному и физику Генриху Ольберсу. В моменты наибольшего сближения с Землей Веста светит, как звезда величины  $5^m$ . На темном небе ее можно разглядеть невооруженным глазом.

**Тип:** астероид

**Год:** 1325 суток (3,6 года)

**Сутки:** 5,3 ч

**Среднее расстояние от Солнца:**

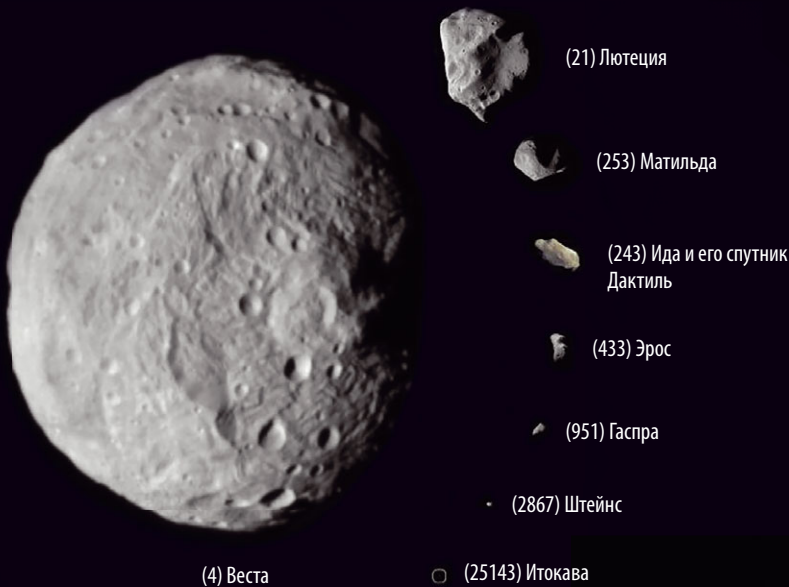
353 201 000 км (2,4 а. е.)

**Диаметр:** 530 (578 × 560 × 458) км

**Масса:**  $2,59 \cdot 10^{20}$  кг



△ Веста. Снимок AMC Dawn



### Веста и другие астероиды

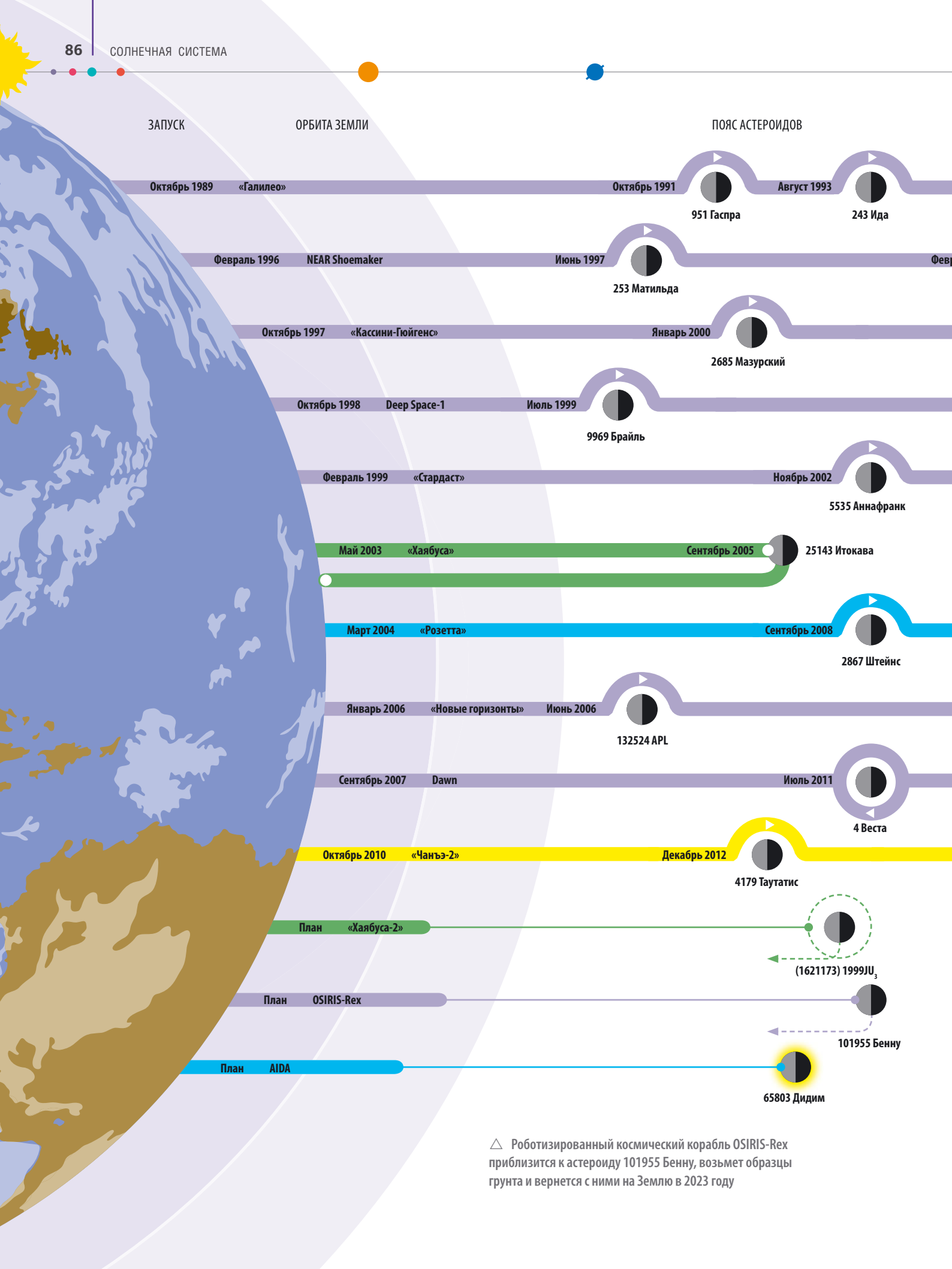
Эта картинка наглядно показывает, насколько Веста выделяется из общей массы астероидов. Но яркость ее на небе объясняется не только размерами, но и тем, что она близко подходит к Земле, а также высокими отражательными свойствами поверхности.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Второй по величине после Паллады астероид назван в честь богини Весты, покровительницы семейного очага и жертвенного огня в Древнем Риме. Неудивительно, что ударный кратер Весты Реяильвия носит имя девственной жрицы богини — весталки Реи Сильвии. Его диаметр — около 500 км (почти равен среднему диаметру самого астероида).

▽ Веста. Снимок AMC Dawn





ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ПОЯС АСТЕРОИДОВ

Октябрь 1989 «Галилео»

Октябрь 1991

Август 1993

951 Гаспра

243 Ида

Февраль 1996 NEAR Shoemaker

Июнь 1997

253 Матильда

Октябрь 1997 «Кассини-Гюйгенс»

Январь 2000

2685 Мазурский

Октябрь 1998 Deep Space-1

Июль 1999

9969 Брайль

Февраль 1999 «Стардаст»

Ноябрь 2002

5535 Аннафранк

Май 2003 «Хаябуса»

Сентябрь 2005

25143 Итокава

Март 2004 «Розетта»

Сентябрь 2008

2867 Штейнс

Январь 2006 «Новые горизонты»

Июнь 2006

132524 APL

Сентябрь 2007 Dawn

Июль 2011

4 Веста

Октябрь 2010 «Чанъэ-2»

Декабрь 2012

4179 Таутатис

План «Хаябуса-2»

(1621173) 1999JU<sub>3</sub>

План OSIRIS-Rex

10195 Бенну

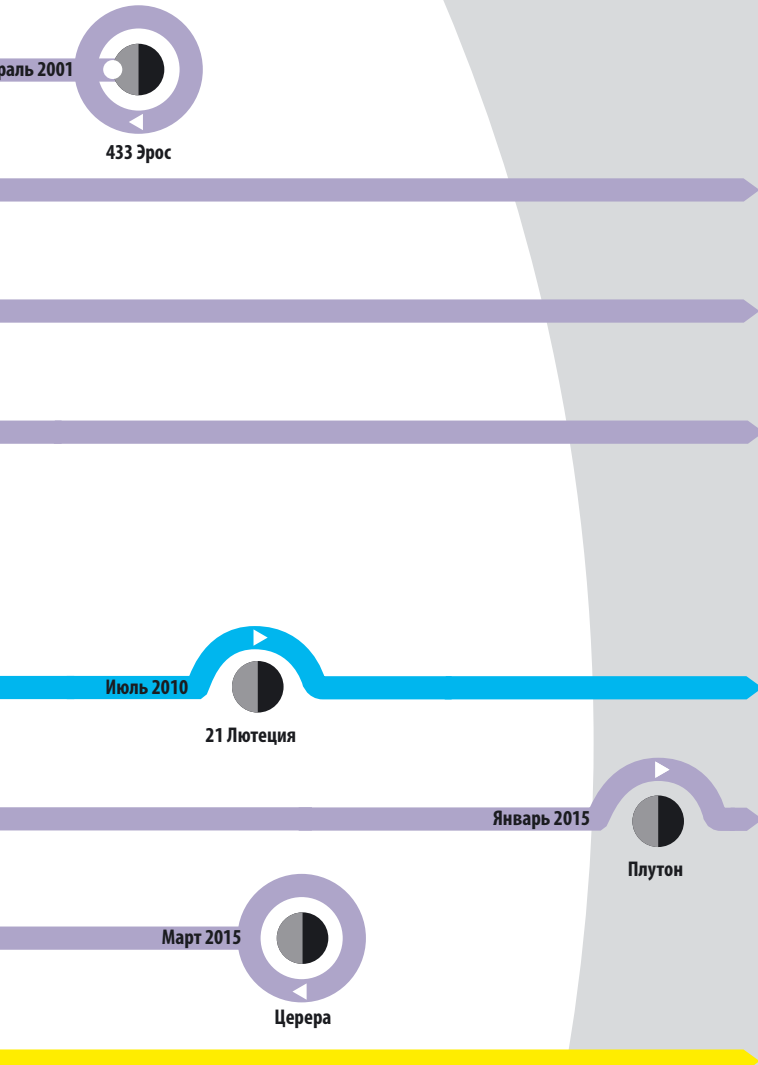
План AIDA

65803 Дидим

△ Роботизированный космический корабль OSIRIS-Rex приблизится к астероиду 10195 Бенну, возьмет образцы грунта и вернется с ними на Землю в 2023 году

# МИССИИ К АСТЕРОИДАМ

**ПЕРВОЕ КРУПНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ АСТЕРОИДА ПОЯВИЛОСЬ В 1991 ГОДУ. АМЕРИКАНСКАЯ МЕЖПЛАНЕТНАЯ СТАНЦИЯ «ГАЛИЛЕО», ЛЕТАЮЩАЯ К ЮПИТЕРУ, ПРОШЛА НА РАССТОЯНИИ 1600 КМ ОТ АСТЕРОИДА ГАСПРА И СДЕЛАЛА 151 ФОТОСНИМОК ЕГО ПОВЕРХНОСТИ. ПОЗЖЕ СТАНЦИЯ СБЛИЗИЛАСЬ С АСТЕРОИДОМ 243 ИДА НА МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ 2399 КМ. ВПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СНИМКАХ БЫЛ ОБНАРУЖЕН СПУТНИК АСТЕРОИДА — ДАКТИЛЬ. БЛАГОДАРЯ МИССИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА DAWN В 2011–2012 ГОДАХ ПОЛУЧЕНЫ ПОДРОБНЫЕ СНИМКИ АСТЕРОИДА ВЕСТА.**



## ЛЕГЕНДА

		НАСА (США)		Орбита
		ЈАХА (Япония)		Облет
		ЕКА (Европа)		Проба грунта
		СNSA (Китай)		Посадка
		Цель полета		Столкновение



### Миссия Dawn

С Земли 27 сентября 2007 года стартовала АМС Dawn («Рассвет»), целью которой были два крупнейших объекта в поясе астероидов — Веста и Церера. План полета был новаторским: впервые космическая станция, исследовавшая более одного небесного тела, выходила на орбиту вокруг каждого из них. Раньше в таких случаях использовались пролетные траектории.

Покинув Весту 5 сентября 2012 года, АМС Dawn направилась к Церере и 6 марта 2015 года вышла на орбиту вокруг нее. Аппарат произвел подробную съемку карликовой планеты, были уточнены ее масса и диаметр.

◀ АМС Dawn в представлении художника





Солнце

Меркурий

Венера

Земля

# ВНУТРЕННЯЯ ЧАСТЬ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

## ОХОТА ЗА ВУЛКАНОИДАМИ

Гипотетические астероиды, которые могут находиться внутри орбиты Меркурия, называются вулканоидами по имени планеты Вулкан — ее безуспешно искали астрономы XIX века, чтобы объяснить аномалии орбиты Меркурия. Было установлено, что эти аномалии являются следствием общей теории относительности. Гипотеза о существовании Вулкана оказалась несостоятельной, но мелкие тела в этой области вполне могут существовать. Вулканоиды до сих пор не обнаружены. Поиски чрезвычайно сложно проводить из-за яркости Солнца. Если такие астероиды существуют, то предполагается, что их диаметр не превышает 60 км, иначе более крупные объекты были бы найдены ранее.

## ДВОЙНОЙ ВОСХОД И ЗАХОД НА МЕРКУРИИ

Из некоторых точек на поверхности Меркурия можно видеть удивительное зрелище: Солнце восходит, невысоко поднимается над горизонтом, затем заходит обратно и снова восходит. Подобное явление происходит и во время заката: прежде чем сесть окончательно, Солнце ненадолго поднимается снова. Это объясняется эллиптической орбитой Меркурия и его неторопливым вращением вокруг своей оси. Заметим, что световой день на планете длится дольше, чем его год, — 176 земных суток.

## ИСПАРЯЮЩИЙСЯ ДОЖДЬ НА ВЕНЕРЕ

В тропосфере (нижнем слое атмосферы) Венеры время от времени идут дожди из серной кислоты. Вероятно, они никогда не достигают поверхности планеты, а испаряются от жары. На Земле тоже наблюдается похожее явление (оно называется «вирга»), вот только испаряющийся дождь состоит, естественно, из воды.

## ФОРМА ЗЕМЛИ

Центробежная сила вращения планеты не позволяет ей принять абсолютно шарообразную форму. Первоначально предполагалось, что Земля имеет форму эллипсоида — она несимметрична и как бы сплюснута у полюсов. Разница между экваториальным и полярным радиусами планеты составляет около 20 км, а с недавнего времени более точные измерения показали, что расстояние от экватора до Северного полюса меньше, чем до Южного. Реальная форма Земли представляет собой геоид и определяется неровностями рельефа океанического дна и материков, такими как глубокие впадины и возвышенности.

## ОТ НОВОЛУНИЯ ДО ПОЛНОЛУНИЯ ЗА ОДНУ НОЧЬ

Марсианский спутник Фобос обращается вокруг планеты за 7 ч. С учетом собственного вращения Марса вокруг оси промежуток между двумя восходами Фобоса составляет 11 ч, при этом маленький спутник восходит на западе, мчится по небу, меняя фазы в течение одной ночи, и заходит на востоке.



Марс

# ЮПИТЕР 2

**ЮПИТЕР — КРУПНЕЙШАЯ ИЗ ПЛАНЕТ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА. У ЮПИТЕРА НЕТ ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ. БОЛЬШУЮ ЧАСТЬ ПЛАНЕТЫ СОСТАВЛЯЕТ АТМОСФЕРА: В НЕЕ ВХОДЯТ ВОДОРОД, ГЕЛИЙ, АММИАК. НИЖЕ НАХОДЯТСЯ СЛОИ ЖИДКОГО И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВОДОРОДА И ТОЛЬКО ПОД НИМИ, ВОЗМОЖНО, ТВЕРДОЕ КАМЕННОЕ ЯДРО. ТАКОЕ СТРОЕНИЕ ДЕЛАЕТ ЮПИТЕР ПРЕДСТАВИТЕЛЕМ КЛАССА ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ. ЭТОТ КЛАСС ПРЕДСТАВЛЕН ЕЩЕ САТУРНОМ, УРАНОМ И НЕПТУНОМ. ЮПИТЕР ТАКЖЕ МОЖЕТ СЧИТАТЬСЯ НЕУДАВШЕЙСЯ ЗВЕЗДОЙ: ДЛЯ ТОГО ЧТОБЫ В ЕГО ЯДРЕ ЗАПУСТИЛИСЬ ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ, ЕМУ НЕ ХВАТАЕТ ТОЛЬКО РАЗМЕРА И МАССЫ.**

**Тип:** планета-гигант

**Период обращения:** 4332,6 дня (11,9 года)

**Сутки:** 9,9 ч

**Среднее расстояние от Солнца:**

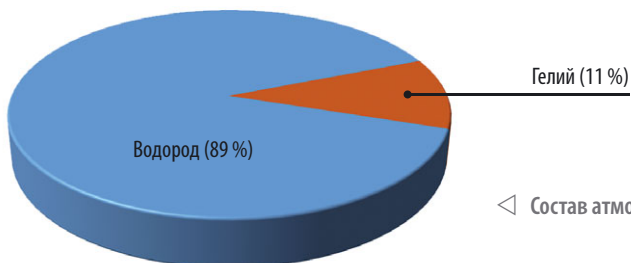
778 547 200 км (5,2 а. е.)

**Средний радиус:** 71 492 км (11,2 земного)

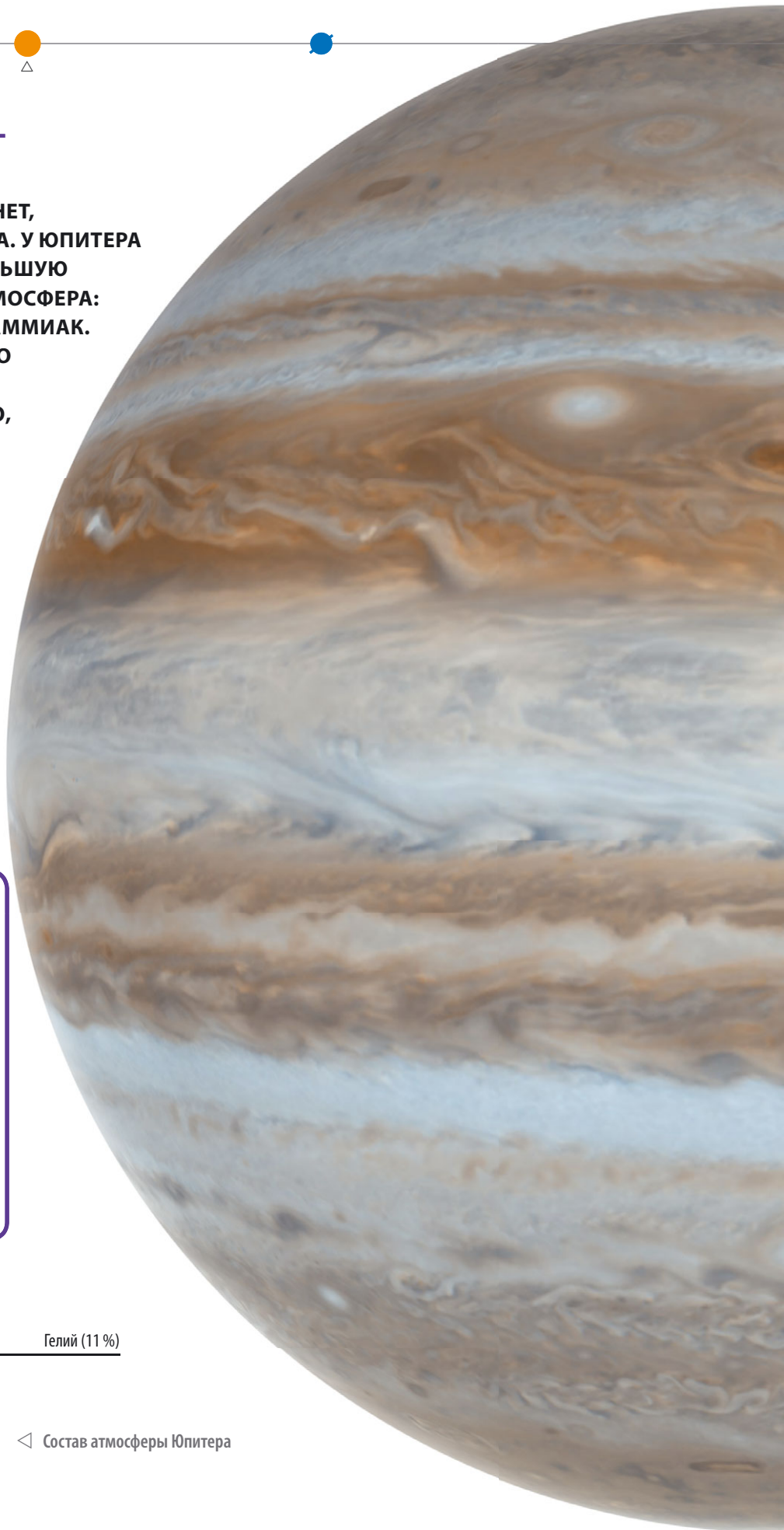
**Масса:**  $1,8986 \cdot 10^{27}$  кг (317,8 земной)

**Атмосфера:** чрезвычайно плотная, состав — водород, гелий, метан и др.

**Спутники:** 67; крупнейшие — Ио, Европа, Ганимед, Каллисто



◁ Состав атмосферы Юпитера



## ДОЛГИЙ ПУТЬ К ПЛАНЕТЕ-ГИГАНТУ

Юпитер изучали восемь космических аппаратов. Самая интересная и плодотворная миссия была у АМС «Галилео», которая стартовала 18 октября 1989 года. Путешествие длилось 6 лет: станция пролетела на расстоянии 16 000 км от Венеры, совершила гравитационный маневр возвращения к Земле, пролетела в 1600 км от астероида Гаспра, возвратилась к Земле, встретилась с астероидом Идой и, наконец, направилась в систему Юпитера.

В атмосферу Юпитера 7 декабря 1995 года на скорости 160 000 км/ч десантировался спускаемый зонд. Он успел передать на Землю, что внешняя оболочка гиганта имеет температуру около  $-80^{\circ}\text{C}$  при давлении 1,6 атм, а на глубине 130 км температура повысилась до  $+150^{\circ}\text{C}$  при давлении 24 атм, что вызвало полное разрушение зонда.

Сама станция, несмотря на поломку главной антенны, продолжила изучение планеты в режиме искусственного спутника. Она работала 8 лет, сделав 35 оборотов вокруг Юпитера и передав свыше 14 000 фотографий и телеметрических данных.



◁ Сравнительные размеры Земли и Юпитера

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

В древнеримской мифологии Юпитер — верховный бог, управляющий миром с вершины Олимпа, покровитель императоров, света и гроз, низвергающий молнии с небес. Неизменные атрибуты Юпитера — орел, молния и скипетр.



▷ Древнеримский верховный бог Юпитер

## СТРОЕНИЕ ЮПИТЕРА

На настоящий момент наиболее актуальна следующая модель строения Юпитера: атмосфера, слой металлического водорода и каменное ядро.

### Атмосфера

Атмосфера Юпитера состоит из трех слоев: внешнего (водород), среднего (90 % водорода и 10 % гелия), нижнего (водород, гелий, примеси аммиака, гидросульфида аммония и воды). Под облаками находится слой глубиной 7000–25 000 км, в котором водород постепенно изменяет свое состояние от газа к жидкости с увеличением давления и температуры (до 6000 °С). Четкой границы, отделяющей газообразный водород от жидкого, по-видимому, не существует.

### Слой металлического водорода

Температура этого слоя меняется от 6300 до 21 000 К, а давление от 200 до 4000 ГПа. Предполагаемая толщина слоя металлического водорода — 42 000–46 000 км.

### Ядро

Каменистое ядро с преобладанием железосиликатов. На данный момент считается, что масса ядра — 10 масс Земли, а размер — 1,5 ее диаметра.

▽ Строение Юпитера и характеристика атмосферы на разных глубинах

#### Водород и гелий в газообразном состоянии

Глубина — 100 км  
Температура — 300 К  
Давление — 10 атм

#### Слой металлического водорода

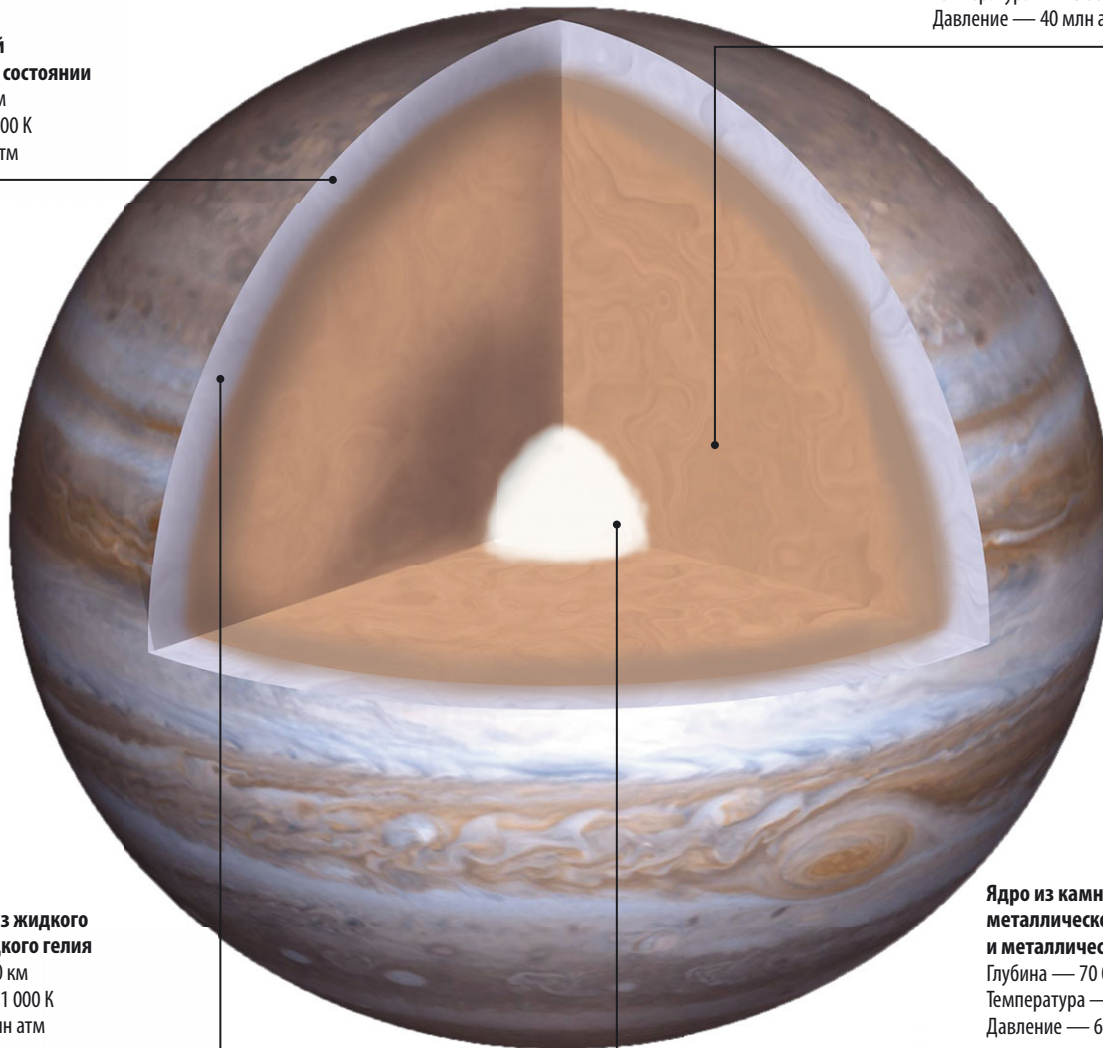
Глубина — 60 000 км  
Температура — 18 000 К  
Давление — 40 млн атм

#### Внешний слой из жидкого водорода и жидкого гелия

Глубина — 20 000 км  
Температура — 11 000 К  
Давление — 3 млн атм

#### Ядро из камня, металлического водорода и металлического гелия

Глубина — 70 000 км  
Температура — 25 000 К  
Давление — 60 млн атм



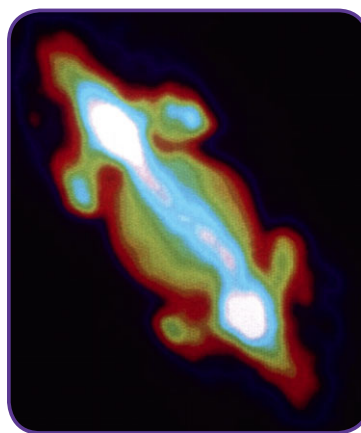
## МАГНИТОСФЕРА ЮПИТЕРА

Ученые предполагают, что магнитное поле Юпитера создается динамо-машиной, похожей на ту, что «работает» в недрах Земли. Но в отличие от Земли, в которой токи проводит жидкое железное ядро, проводником токов на Юпитере служит слой металлического гелия.

Ось магнитного поля наклонена к оси вращения  $10,2 \pm 0,6^\circ$ , почти как на Земле, однако северный магнитный полюс расположен рядом с южным географическим, а южный магнитный — с северным географическим. Если бы магнитосферу Юпитера можно было видеть, то при наблюдении с Земли ее угловые размеры превышали бы размеры Луны.

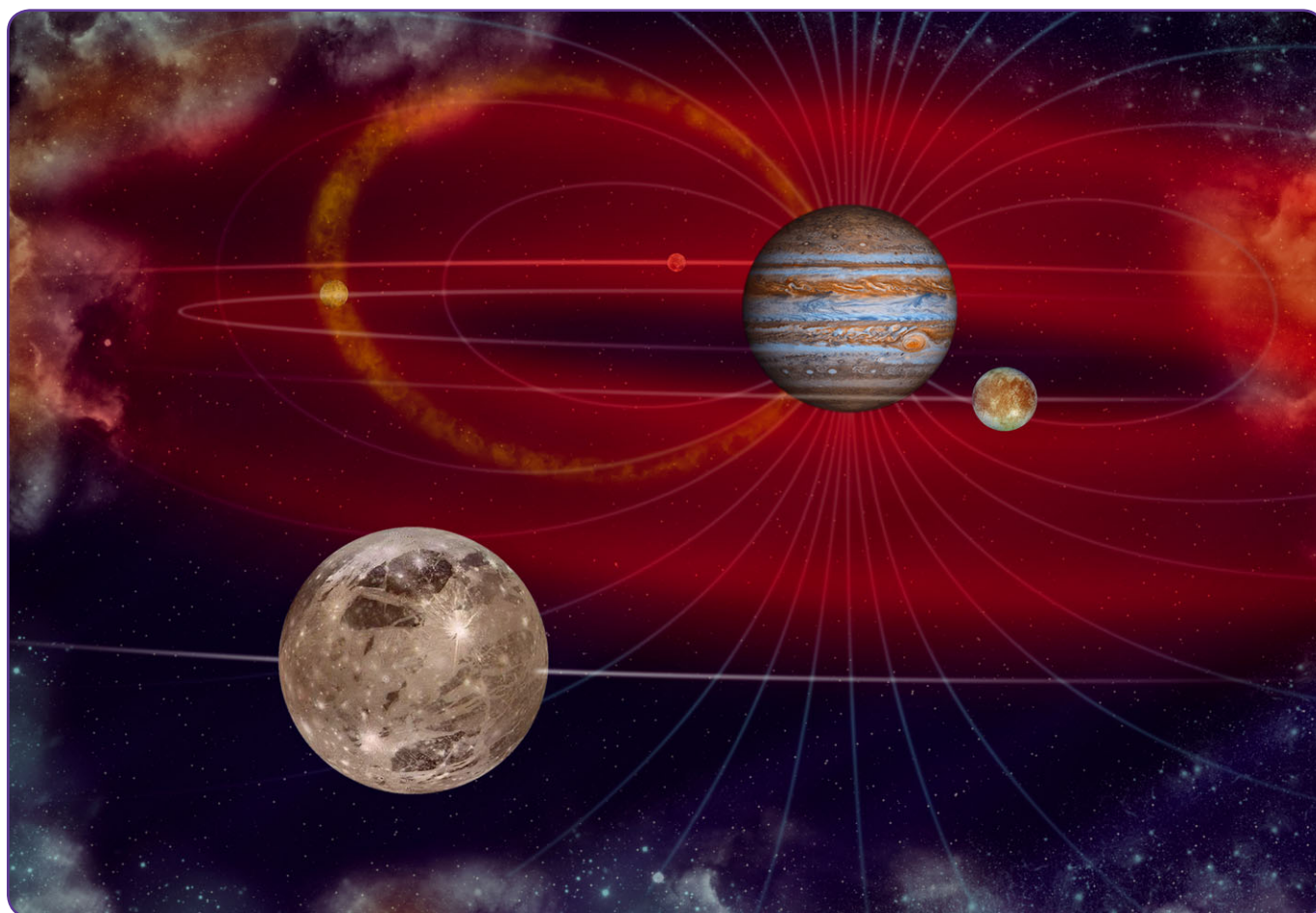
## РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА

Юпитер обладает мощными радиационными поясами. Излучение радиационного пояса Юпитера в радиодиапазоне впервые было обнаружено в 1955 году. При сближении с планетой АМС «Галилео» получила дозу радиации, в 25 раз превышающую смертельную дозу для человека. Поток электронов в радиационных поясах Юпитера представляет серьезную опасность для космических аппаратов, поскольку несет большой риск повреждения аппаратуры радиацией.



◁ Излучение радиационных поясов (белые яркие области) Юпитера

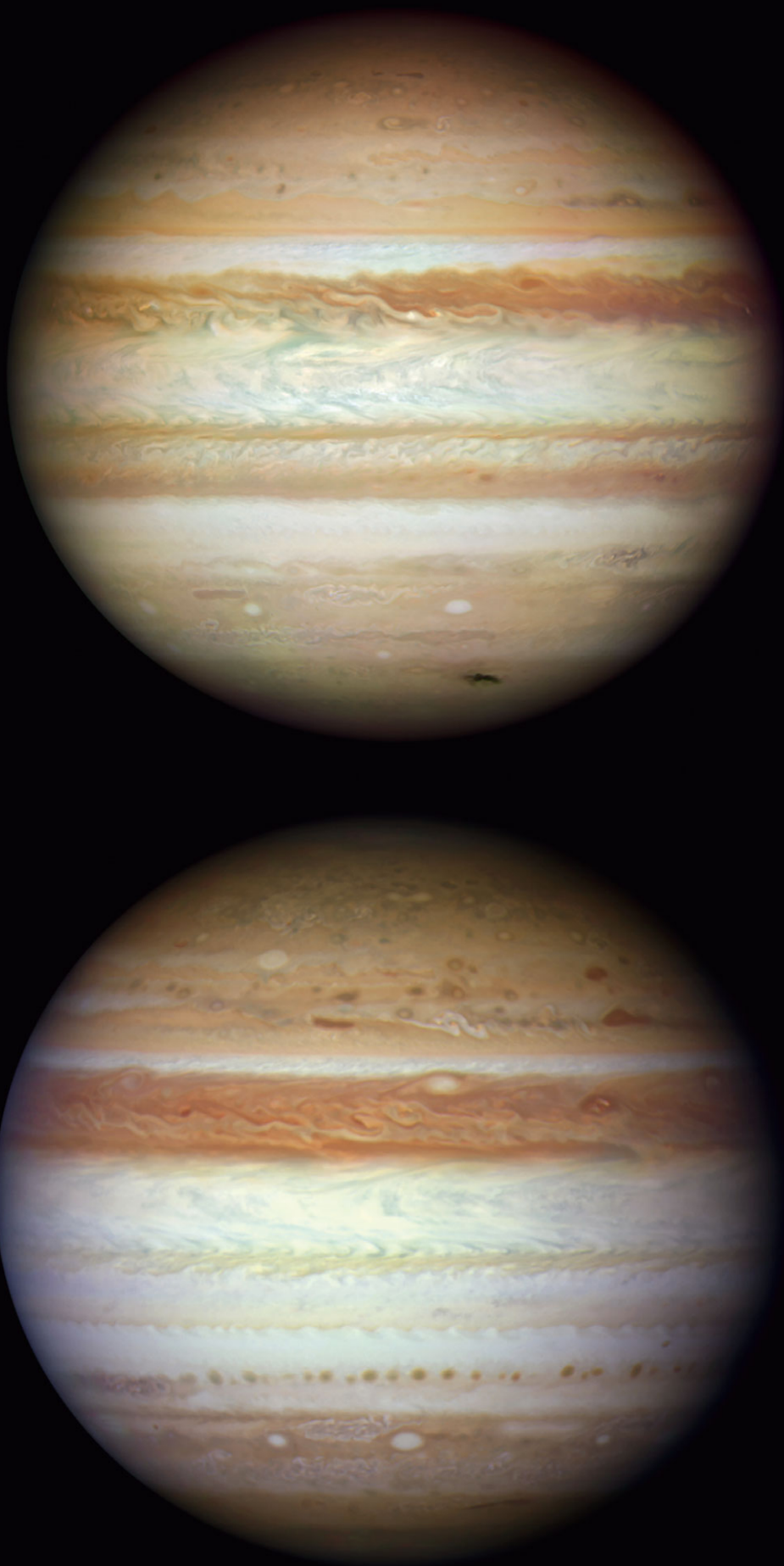
▽ Магнитосфера Юпитера в представлении художника



## УДИВИТЕЛЬНАЯ АТМОСФЕРА ЮПИТЕРА

Характерной деталью видимой поверхности Юпитера являются его полосы. По поводу их происхождения существует несколько гипотез. Согласно одной, полосы возникли в результате конвекции в атмосфере Юпитера — за счет нагрева и, следовательно, поднятия одних слоев и охлаждения и опускания вниз других. В 2010 году была выдвинута гипотеза, согласно которой полосы на Юпитере возникли в результате притяжения спутников планеты. Предполагается, что гравитация спутников сформировала на Юпитере своеобразные «столбы» вещества, которые, вращаясь, и образовали полосы.

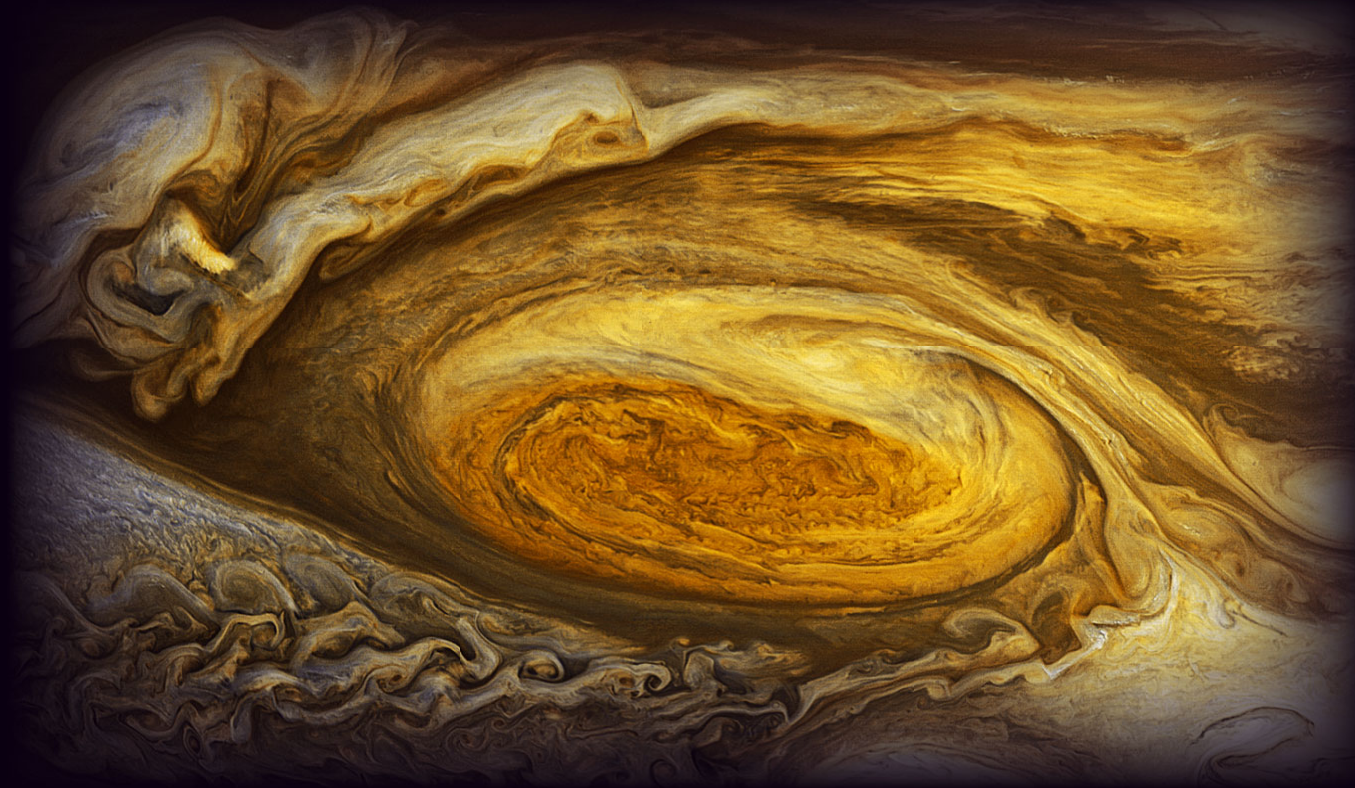
▷ Полосы Юпитера. Снимки, сделанные космическим телескопом «Хаббл» в июле 2009 года (вверху) и в июне 2010 года, показывают изменения в атмосфере газового гиганта



## Большое Красное Пятно

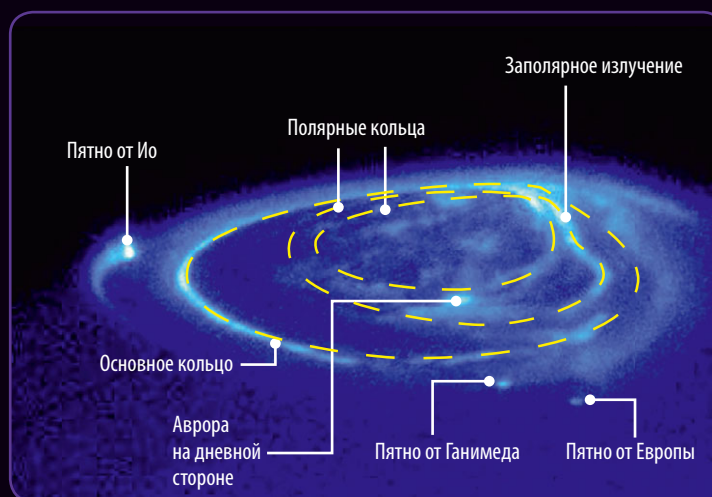
Ураган, который непрерывно бушует уже три с половиной века в атмосфере Юпитера, носит название Большое Красное Пятно. Впервые его зафиксировал Джованни Кассини в 1665 году. С тех пор астрономы непрерывно наблюдают этот гигантский облачный вихрь. Он постоянно меняется, немного уменьшается и бледнеет. Однако его размеры и сейчас значительно больше Земли. Скорость ветра внутри вихря превышает 500 км/ч. На Юпитере есть и другие долгоживущие пятна-ураганы. Некоторые из них видны десятилетиями. Пятна сталкиваются, иногда сливаются между собой или расходятся целыми. Природа их образования и поведения во многом еще не ясна.

▽ Большое  
Красное Пятно



## Полярные сияния на Юпитере

Верхние слои атмосферы Юпитера, сильно ионизированные космическими лучами, как и на Земле, носят название ионосферы. У Юпитера она простирается на 3000 км. Как и на Земле, в ионосфере планеты-гиганта появляются полярные сияния. Особенностью Юпитера является влияние его спутников на полярные сияния: в областях «проекции» пучков силовых линий магнитного поля наблюдаются яркие области полярного сияния, возбужденные токами, вызванными движением спутников в его магнитосфере и выбросом ими ионизированного материала. Горячие пятна связаны с тремя крупнейшими спутниками: Ио, Европой и Ганимедом.



△ Структура полярного сияния на Юпитере.  
Снимок космического телескопа «Хаббл»

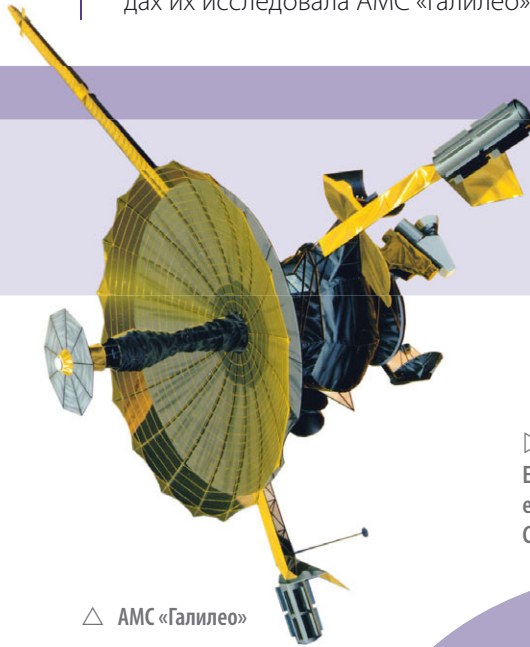


## СПУТНИКИ ГАЛИЛЕЯ

Юпитер не только самая крупная планета, но и обладатель наибольшего количества спутников, известных на сегодняшний момент. Самые крупные из них — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты Галилео Галилеем в 1610 году. Свои космические находки ученый назвал планетами Медичи. В настоящее время они именуется галилеевыми. Это самые крупные спутники в Солнечной системе. В 1996–1997 годах их исследовала АМС «Галилео».

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Традиция называть космические объекты мифологическими именами не минула и спутники Юпитера. Европа — это дочь финикийского царя, которую Зевс в образе белого быка похитил и увез на своей спине на остров Крит, где, приняв образ прекрасного юноши, овладел девушкой. Ио — прекрасная жрица Геры, которую Зевс, чтобы скрыть от ревливой жены, превратил в белоснежную корову. Гонимая оводом, посланным Герой, Ио после долгих скитаний и мук нашла покой в Египте. Ганимед — прекрасный юноша, похищенный Зевсом в образе орла и перенесенный на Олимп. Каллисто — спутница богини охоты Артемиды. Согласно одному из мифов, Зевс превратил девушку в медведицу и перенес ее на небо, спасая от богини, разгневанной на Каллисто за то, что она потеряла девственность, разделив ложе с верховным богом Олимпа.



△ АМС «Галилео»

#### ● 26.06.1995

АМС «Галилео» прошла на минимальной высоте в 8350 км над поверхностью Ганимеда.

#### ● 07.12.1995

Состоялся первый пролет АМС «Галилео» мимо спутника Юпитера Ио. Обнаружено железное ядро, перекрытое мантией из частично расплавленных скальных пород и корой.

▷ Поверхность Европы в примерно естественных цветах. Снимок АМС «Галилео»

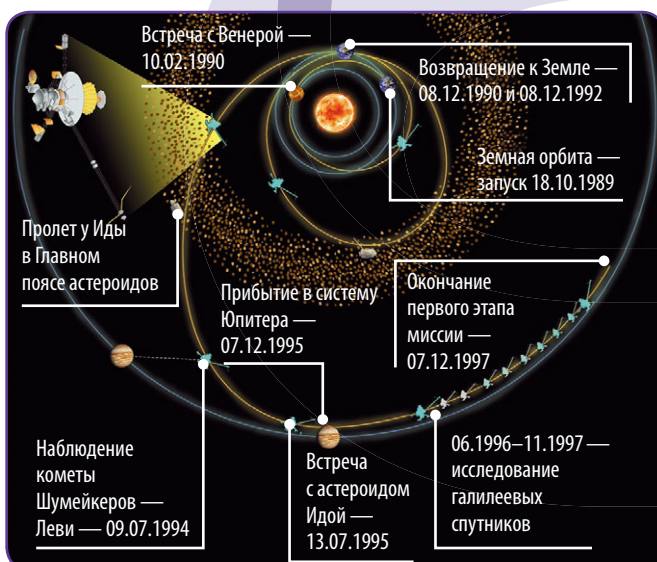


#### ● 06.09.1996

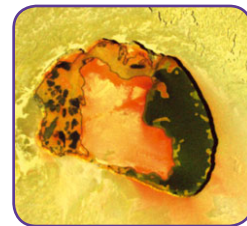
АМС «Галилео» прошла над поверхностью Ганимеда с целью получения трехмерных стереоизображений поверхности.

#### ● 27.06.1996

Космическая межпланетная станция «Галилео» выполнила фотографирование Европы с расстояния в 155 000 км.



▷ Патера Тупана — действующий вулкан на Ио. Снимок АМС «Галилео»



◁ Миссия «Галилео»

#### ● 09.09.1996

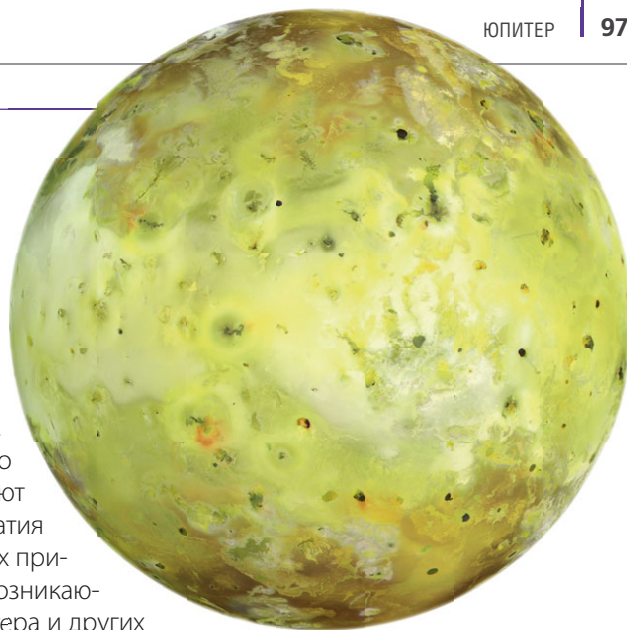
АМС «Галилео» прошла на минимальном расстоянии от Каллисто — 424 000 км.

#### ● 2001

АМС «Галилео» сделала снимок действующего вулкана на Ио, который получил имя Тупана — бога грома индейцев Южной Америки. Извержения вулканов были зафиксированы еще в 1979 году АМС «Вояджер-2».

## ИО

Юпитер находится в отдаленной от Солнца области нашей планетной системы. Казалось бы, его спутники должны быть покрыты вечной мерзлотой и пребывать в постоянном покое. Однако один из них считается самым активным местом в Солнечной системе. Это Ио — ближайший к Юпитеру крупный спутник, немного больше Луны. На этой маленькой планете расположено более 400 действующих вулканов. Из них извергается сера, и выбросы настолько мощны, что поднимаются на высоту до 500 км. Такой же длины достигают потоки лавы. Некоторые горы, поднявшиеся в результате сжатия коры спутника, выше земного Эвереста. Большинство ученых причиной такой необыкновенной активности считают трение, возникающее в результате приливного воздействия со стороны Юпитера и других крупных спутников (Европы, Ганимеда, Каллисто) и разогревающее Ио.



△ Ио. Снимок АМС «Галилео»

### Самый плотный спутник

Ио состоит в основном из силикатных пород и железа. Этим она больше похожа на планеты земной группы, чем на другие спутники Юпитера и прочих планет-гигантов, состоящих главным образом из водяного льда и силикатов.

Плотность Ио равна  $3,5275 \text{ г/см}^3$ . Это больше, чем у других галилеевых спутников (и даже чем у Луны).

Таким образом, Ио — самый плотный спутник в Солнечной системе. Модели строения Ио указывают на то, что она расслоена на ядро из железа или сульфида железа и кору с мантией, которые богаты силикатами. Металлическое ядро составляет приблизительно 20 % массы Ио.

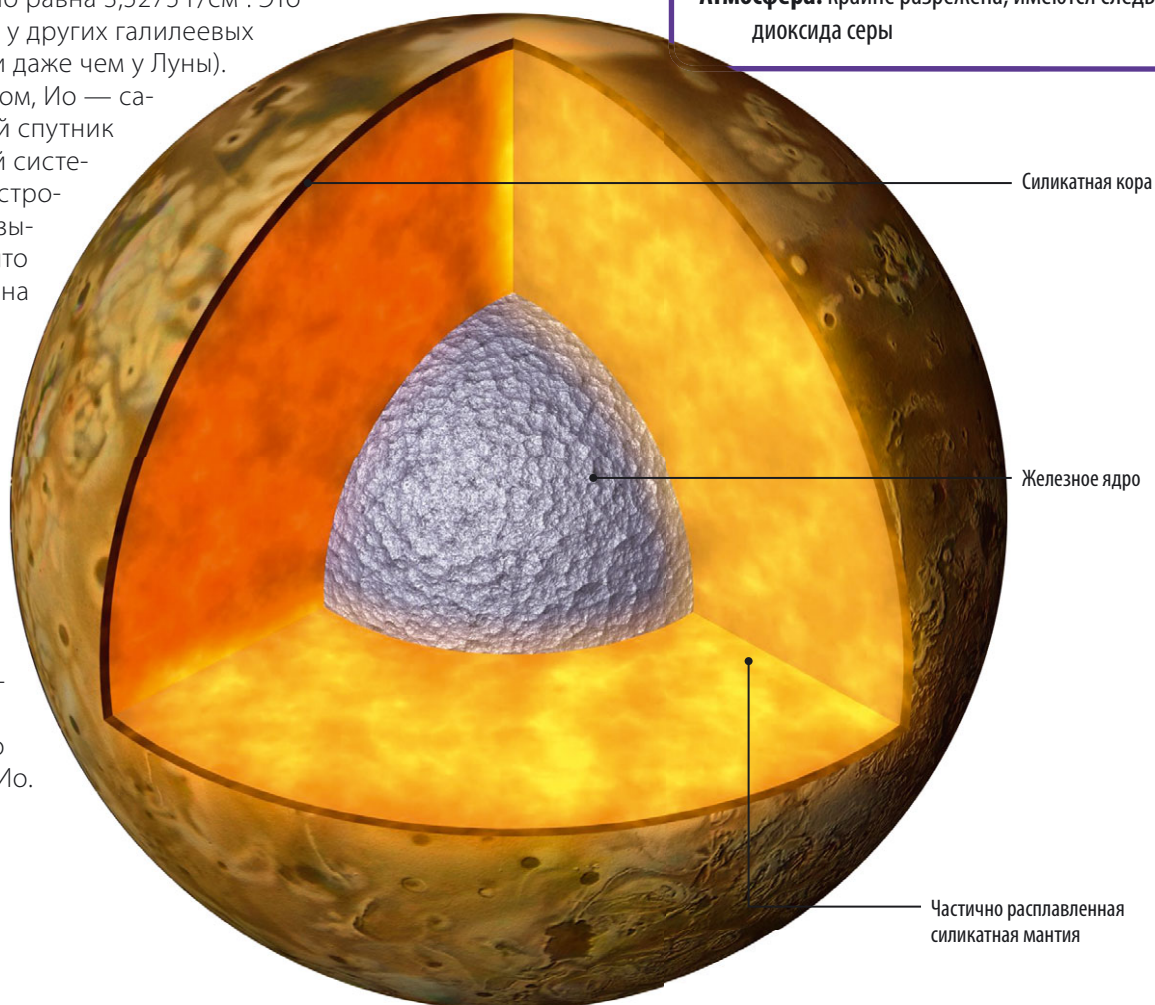
**Период обращения:** 1,8 дня (обращен к планете одной стороной)

**Среднее расстояние от Юпитера:** 421 700 км

**Средний радиус:** 1821 км

**Масса:**  $8,9319 \cdot 10^{22} \text{ кг}$

**Атмосфера:** крайне разрежена, имеются следы диоксида серы



▷ Строение Ио

## ЕВРОПА

Второй из галилеевых спутников — Европа (другое название — Юпитер II). Поверхность этого спутника Юпитера — одна из самых ровных в Солнечной системе. Лишь немногие возвышенности имеют высоту до нескольких сотен метров. Поверхностный лед относительно чистый и, следовательно, молодой.

К Европе сейчас приковано внимание ученых. Имеются убедительные доказательства, что под толстой ледяной корой находится океан жидкой воды. Причина его наличия — тот же разогрев недр спутника приливными силами, который вызвал вулканизм на Ио.

▷ Европа. Снимок АМС «Галилео»

**Период обращения:** 3,6 земных суток (обращен к планете одной стороной)

**Среднее расстояние от Юпитера:** 671 100 км

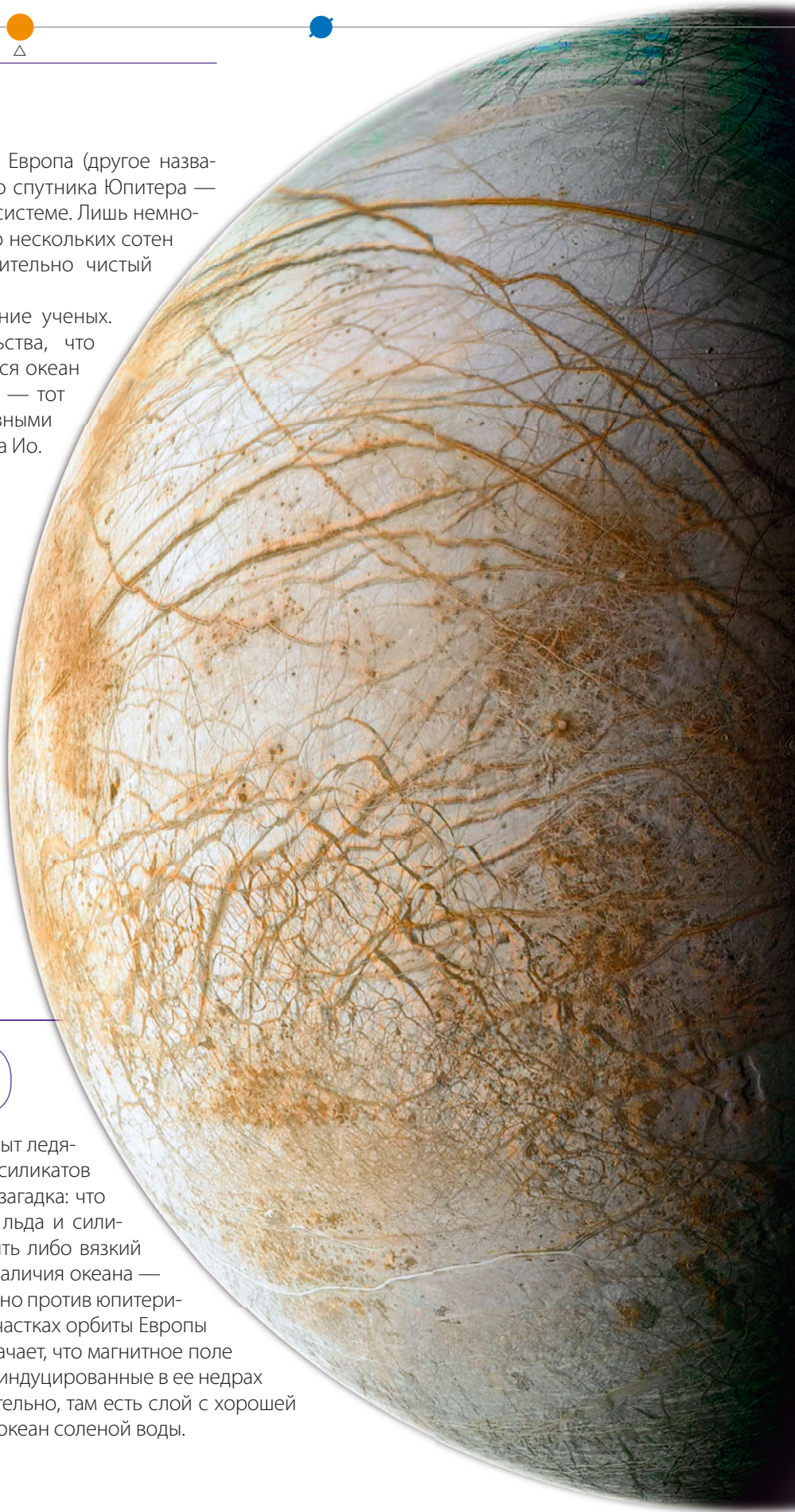
**Средний радиус:** 1561 км

**Масса:**  $4,8017 \cdot 10^{22}$  кг

**Атмосфера:** крайне разрежена, состав — кислород

### Загадки, скрытые подо льдом

Хотя спутник Юпитера Европа и покрыт ледяной корой, он, как и Ио, состоит из силикатов и имеет железное ядро. Главная его загадка: что находится между внешними слоями льда и силикатной поверхностью? Это может быть либо вязкий лед, либо океан. Основной признак наличия океана — магнитное поле. Оно всегда направлено против юпитерианского (хотя последнее на разных участках орбиты Европы ориентировано по-разному). Это означает, что магнитное поле Европы создают электрические токи, индуцированные в ее недрах магнитным полем Юпитера. Следовательно, там есть слой с хорошей проводимостью — скорее всего, это океан соленой воды.

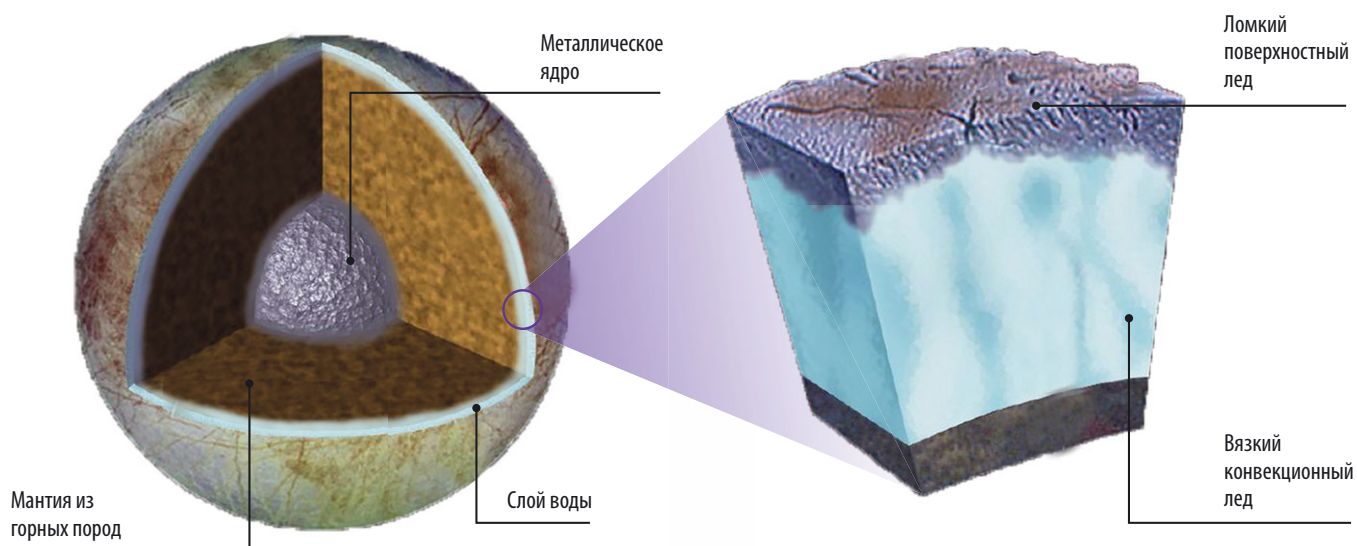


### Надежда на жизнь

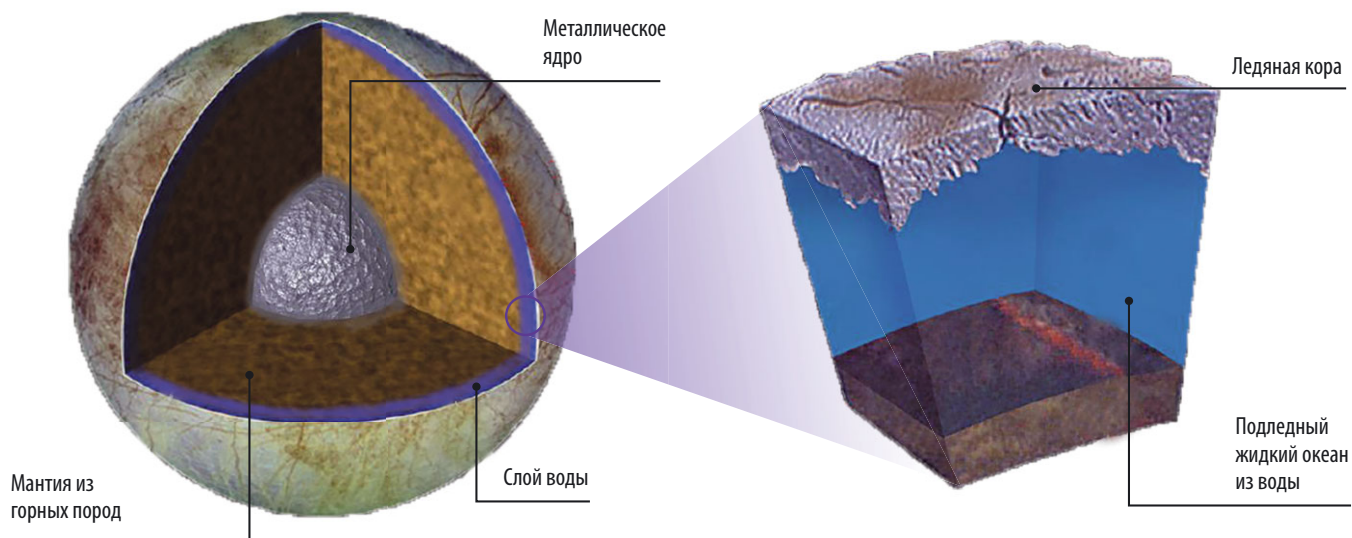
Толщина льда, покрывающего Европу, — 10–30 км. Глубина океана — около 100 км. Общий объем его, согласно расчетам, в два раза больше Мирового океана Земли.

Оптимисты надеются, что в океане Европы возможна жизнь. Скептики предполагают, что вода насыщена губительными для жизни веществами, слишком холодная или слишком соленая. Всё прояснят дальнейшие исследования.

#### ▽ Ледяная модель строения Европы



#### ▽ Водно-ледяная модель строения Европы



## ГАНИМЕД

Ганимед — самый крупный и массивный спутник в Солнечной системе. По диаметру он превосходит даже Меркурий! При этом масса Ганимеда составляет всего 45 % от массы Меркурия, а это значит, что его средняя плотность меньше, чем у Меркурия и даже у Луны. Следовательно, большое место в его составе занимают льды — прежде всего, водяной лед. Установлено, что на него приходится примерно половина объема Ганимеда, а вторую половину занимают силикатные породы.

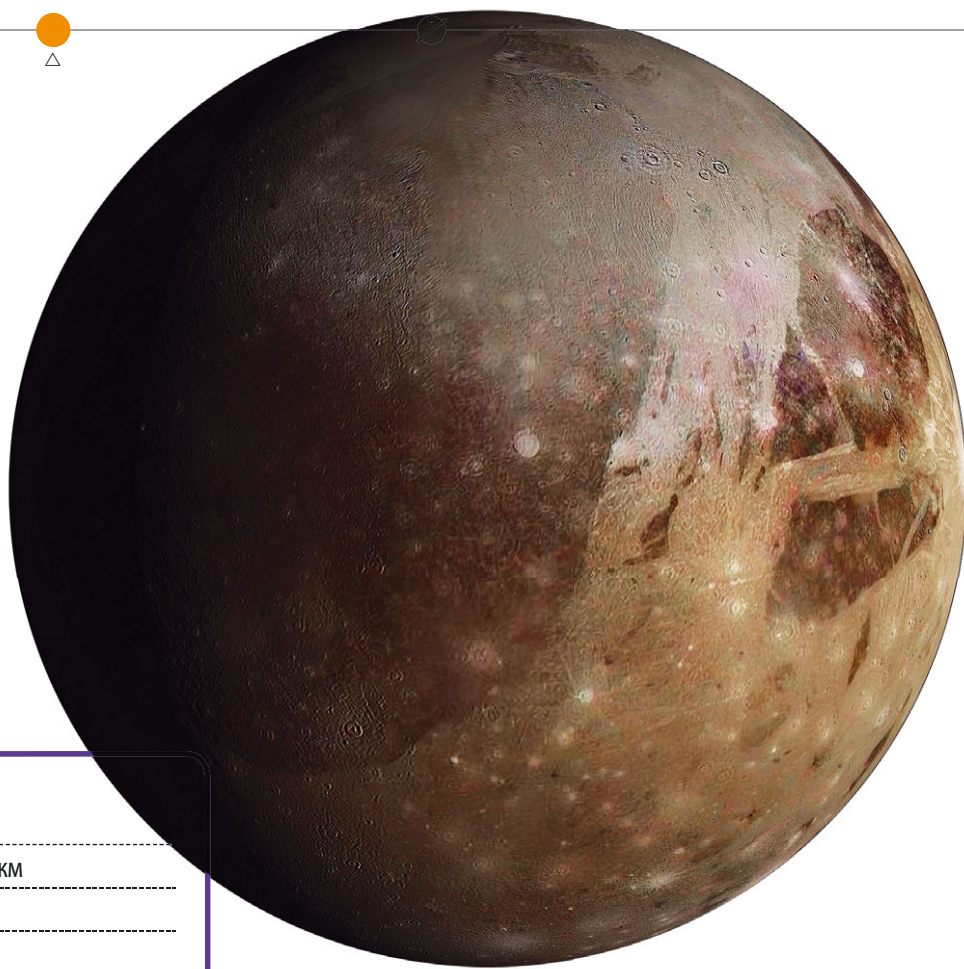
**Период обращения:** 7,15 земных суток  
(обращен к планете одной стороной)

**Среднее расстояние от Юпитера:** 1 070 400 км

**Средний радиус:** 2634 км (0,413 земного)

**Масса:**  $1,4819 \cdot 10^{23}$  кг

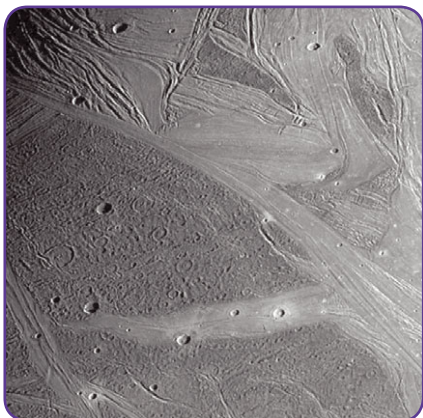
**Атмосфера:** крайне разрежена, состав — кислород



△ Ганимед. Снимок АМС «Галилео»

### Поверхность

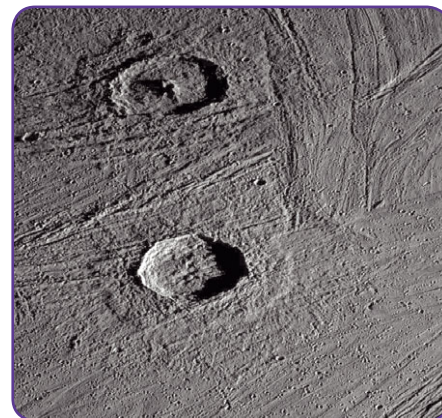
Поверхность Ганимеда делится на участки двух типов: очень древние, покрытые множеством кратеров темные области и более молодые светлые области, изрытые бороздами и канавками. Темные участки поверхности занимают примерно  $\frac{1}{3}$  всей площади и содержат глины и органические вещества. В 1995 году у Ганимеда была обнаружена очень слабая кислородная атмосфера, похожая на атмосферу Европы.



△ Темные и светлые области на поверхности Ганимеда



△ Характерные борозды на поверхности Ганимеда



△ Молодые ударные кратеры Гула и Ахелой (внизу). У каждого виден вал и пьедестал от выбросов

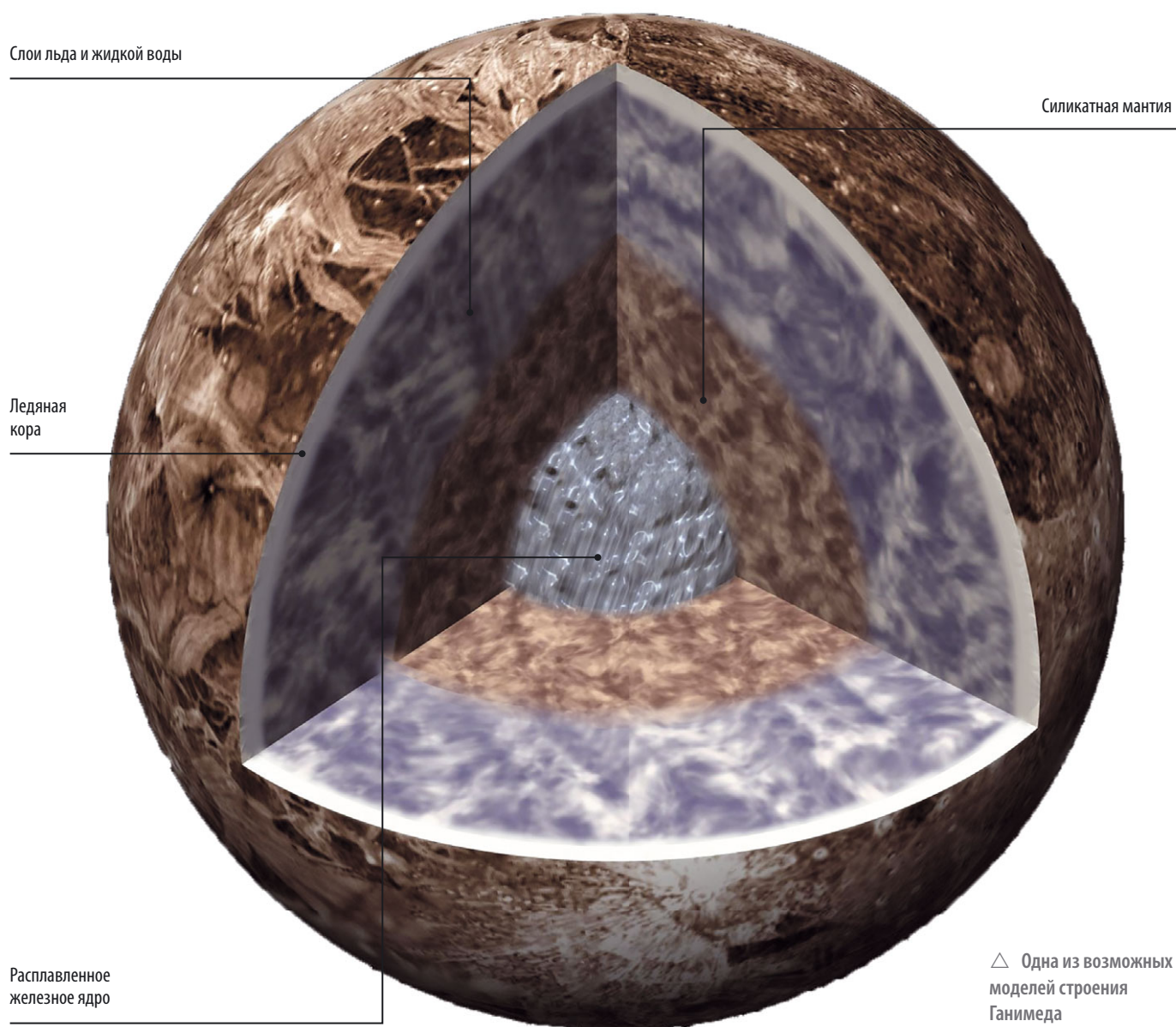
### Железное ядро

Согласно одной из гипотез, Ганимед состоит из трех слоев: расплавленного железного ядра, силикатной мантии и внешнего ледяного слоя толщиной 900–950 км. Наиболее вероятное значение радиуса ядра — 700–900 км.

Существование железного ядра, находящегося в расплавленном состоянии, объясняет наличие магнитного поля Ганимеда, которое обнаружила АМС «Галилео». На данный момент это единственный спутник в Солнечной системе, обладающий собственным магнитным полем и магнитосферой.

### Еще один океан

Особенности магнитного поля Ганимеда указывают на то, что под его поверхностью может скрываться океан жидкой воды. Моделирование, выполненное в 2014 году сотрудниками Лаборатории реактивного движения НАСА, показывает, что, скорее всего, этот океан многослойный: жидкие слои разделены слоями льда разных типов.





△ Спутник Юпитера Каллисто

## КАЛЛИСТО

Каллисто — третий по величине спутник в Солнечной системе после Ганимеда и Титана (спутника Сатурна). Его диаметр почти равен диаметру Меркурия, а масса — всего  $\frac{1}{3}$  от массы этой планеты, что, как и у Ганимеда, указывает на значительную долю водяного льда в составе Каллисто. Спектроскопическими методами было выявлено, что на поверхности Каллисто есть водяной лед, углекислый газ, силикаты и органические соединения.

**Период обращения:** 16,7 земных суток (обращен к планете одной стороной)

**Среднее расстояние от Юпитера:** 1 882 700 км

**Средний радиус:**  $2410,3 \pm 1,5$  км (0,378 земного)

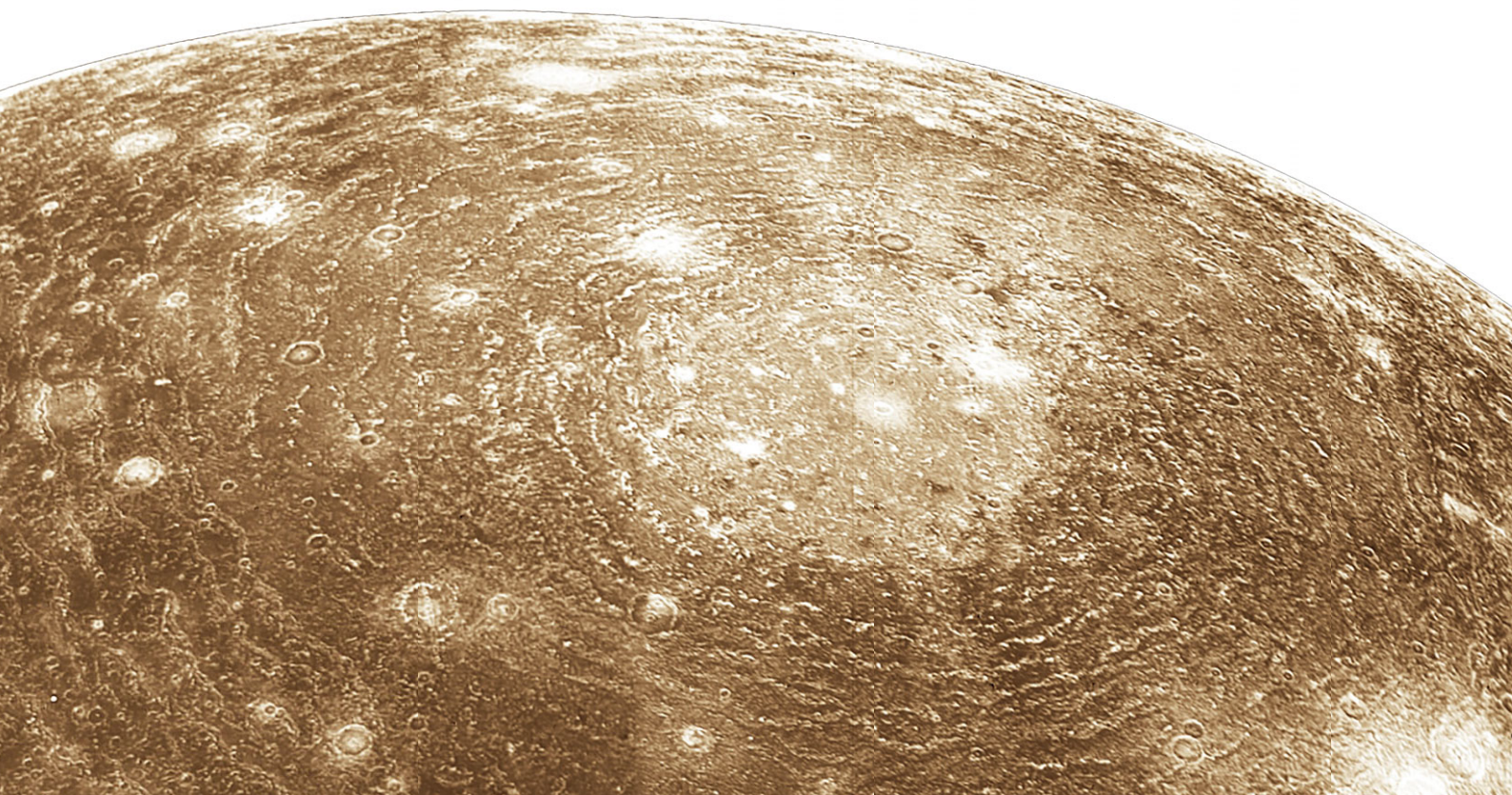
**Масса:**  $1,075\ 938 \cdot 10^{23}$  кг

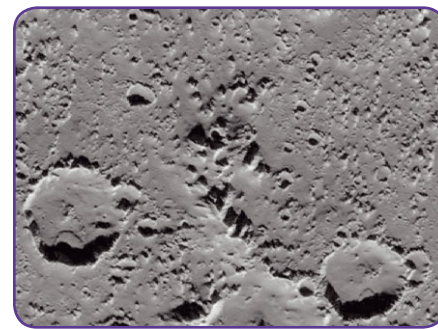
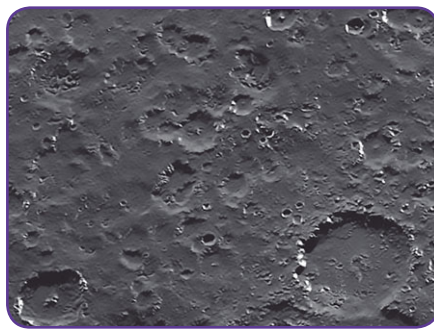
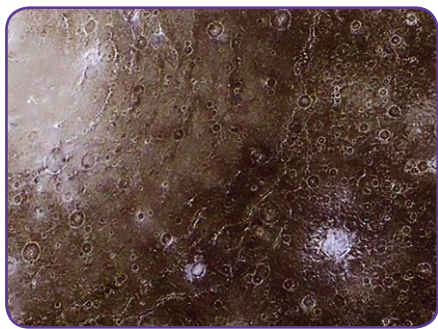
**Атмосфера:** крайне разрежена, состав — диоксид углерода, молекулярный кислород

### Древняя поверхность

Из четырех галилеевых спутников Каллисто — самый далекий. Он меньше подвержен влиянию магнитосферы Юпитера и гравитационным воздействиям планеты и остальных спутников. На поверхности множество кратеров, что указывает на ее большой возраст. Возможно, поверхность Каллисто — одна из древнейших в Солнечной системе.

▽ Многокольцевой ударный кратер Вальхалла (диаметр — 3800 км) на Каллисто. Снимок АМС «Вояджер-1»





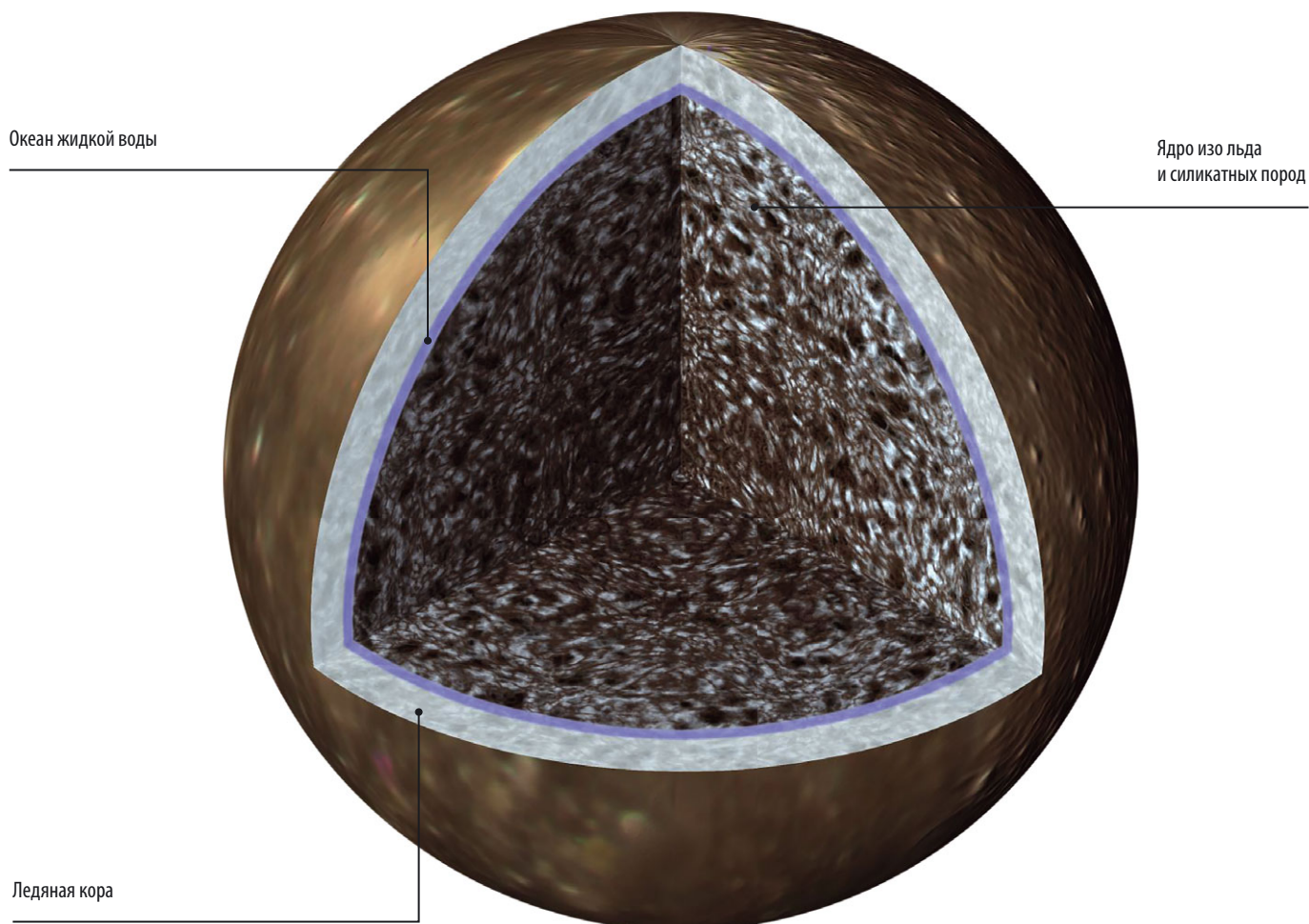
△ Изображения поверхности Каллисто

### Снова вода

Под ледяной корой Каллисто так же, как на Европе и Ганиমেде, предположительно находится океан жидкой соленой воды, возможно, с небольшой примесью аммиака, который не дает ей замерзнуть.

Выдвигаются гипотезы о том, что в подповерхностном океане Каллисто существует жизнь, но условия для нее там несколько хуже, чем на Европе и Ганимеде. Дело в том, что у более близких к Юпитеру спутников имеется два источника внутреннего тепла — радиоактивный распад элементов в их недрах и приливные взаимодействия. Каллисто же не испытывает приливного трения, следовательно, тепловой поток в ее недрах слабее. Самым благоприятным местом для существования микроорганизмов считается Европа.

▽ Внутреннее строение Каллисто





## БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

Кроме четырех спутников, открытых Галилеем в XVII веке, благодаря наземным наблюдениям к концу XX века стало известно еще о девяти. В 1979 году, пролетая мимо Юпитера, космический аппарат «Вояджер-1» обнаружил еще три спутника. Но после ввода в строй гигантских наземных телескопов и космического телескопа «Хаббл» стали находиться все новые и новые спутники Юпитера. Сейчас общее их число составляет 67.

Размеры большинства спутников не превышают нескольких километров, и по форме это неправильные осколки. Предполагается, что эти так называемые малые спутники Юпитера — либо остатки материала, из которого сформировался сам Юпитер и его крупные спутники, либо астероиды, захваченные в гравитационный плен планетой-гигантом.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

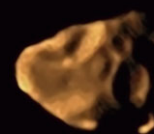
Крупнейшие из малых спутников Юпитера — Метида (наибольший поперечник — 60 км), Фива (116 км) и Амальтея (250 км). Вместе с меньшей по размеру Адрастеей (20 км) они расположены ближе всего к Юпитеру.

▽ Компьютерные модели малых спутников Юпитера

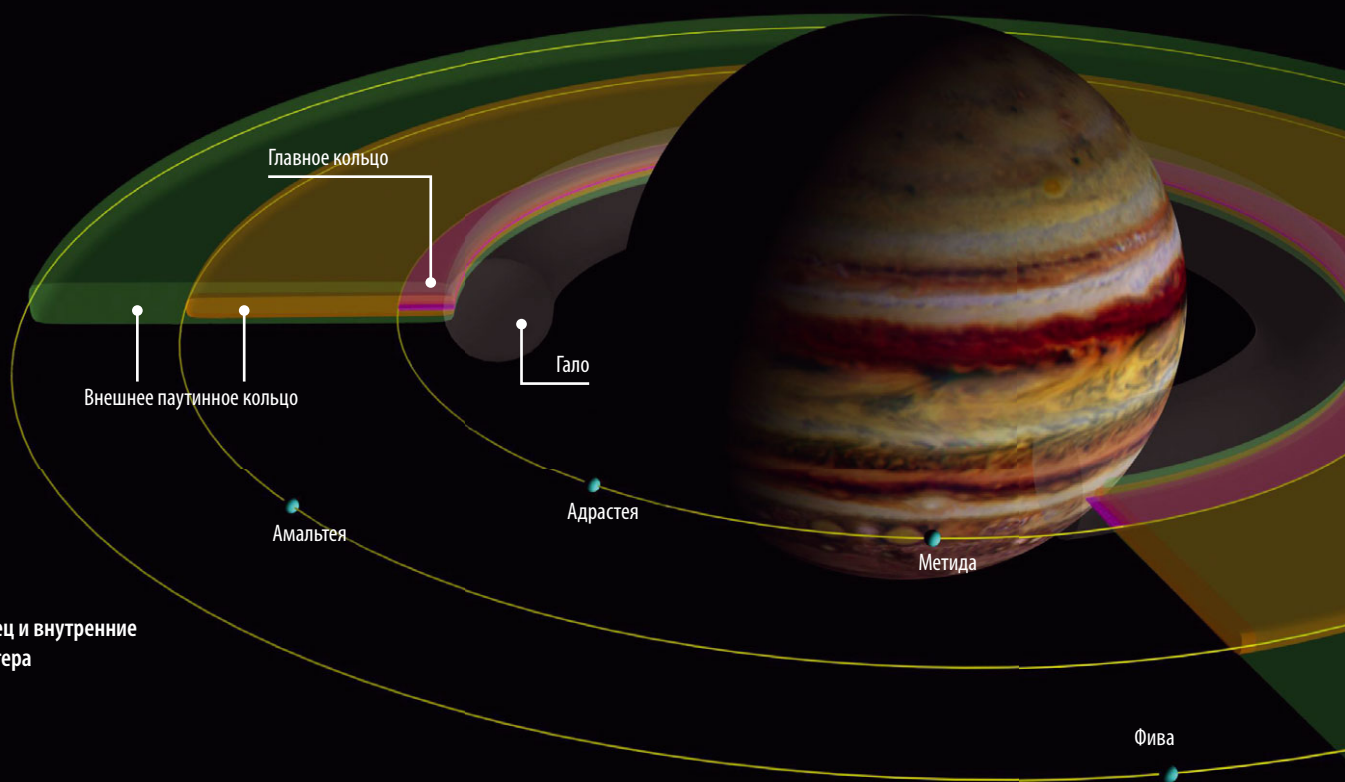


▽ Сравнение размеров Ио и Амальтеи

Ио



Амальтея



▷ Схема колец и внутренние спутники Юпитера

## КОЛЬЦА-ПАУТИНКИ

Кроме спутников, Юпитер, как и все четыре планеты-гиганта Солнечной системы, имеет систему колец. Примерно в границах орбит четырех ближайших к Юпитеру спутников лежат и его кольца. Они не такие яркие и известные, как знаменитые кольца Сатурна. Впервые они были обнаружены АМС «Вояджер-1», а с Земли видны лишь с помощью крупного оборудования. Выделяют главное (самое яркое) кольцо-гало, формой похожее на бублик, и два широких и тонких паутинных кольца.

**ВСЕ КОЛЬЦА ЮПИТЕРА СОСТОЯТ ИЗ ПЫЛИ, КОТОРАЯ ОСТАЛАСЬ ОТ ВРЕМЕН ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАНЕТЫ И СПУТНИКОВ ИЛИ ОБРАЗОВАЛАСЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ БОМБАРДИРОВКИ СПУТНИКОВ МЕТЕОРИТАМИ.**

▽ Главное кольцо Юпитера. Снимок АМС «Галилео»



# ИЗУЧЕНИЕ ЮПИТЕРА

**ЮПИТЕР ВИДЕН КАК ДИСК ДАЖЕ В НЕБОЛЬШОЙ ТЕЛЕСКОП. УЖЕ В БИНОКЛЬ МОЖНО ЗАМЕТИТЬ И ЧЕТЫРЕ ЕГО САМЫХ БОЛЬШИХ СПУТНИКА. АСТРОНОМЫ С XVII ВЕКА НАБЛЮДАЛИ ЗАГАДОЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТЫ. ОДНАКО ДО НАЧАЛА XX ВЕКА НЕ БЫЛО ИЗВЕСТНО, ЧТО ЮПИТЕР — ГАЗОВЫЙ ГИГАНТ.**



◀ Юпитер на римской камее

ДО Н. Э.

Н. Э.

▶ 500

Древние греки и римляне ассоциировали Юпитер с королем богов. Греки называли планету по имени Зевса, римляне — Юпитера. Задолго до этого астрономы в Вавилоне связывали Юпитер с Мардуком — правящим богом в вавилонском пантеоне.

▷ Юпитер — газовый гигант. Снимок, сделанный АМС «Вояджер-1» с расстояния 40 млн км 24 января 1979 года



▷ Большое Красное Пятно. Снимок АМС «Вояджер-1»

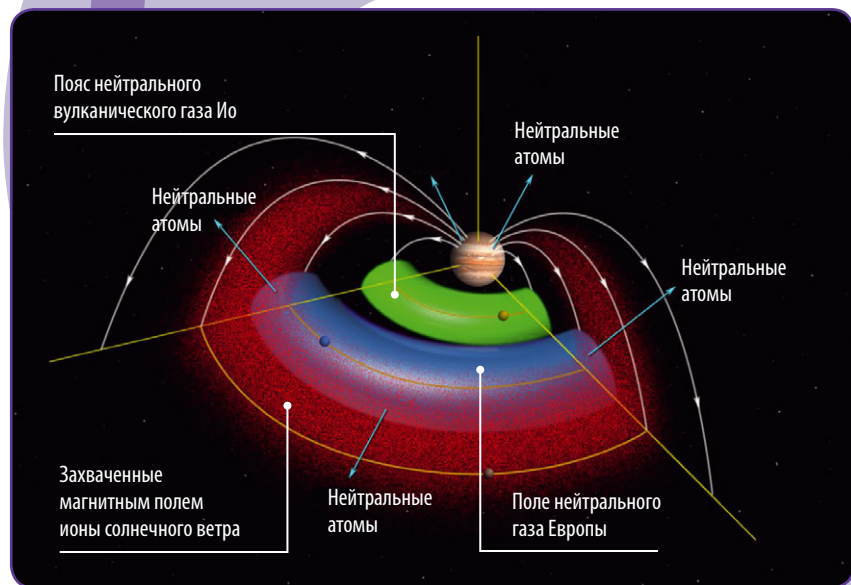


◀ 1903

Американский астроном Джордж Вашингтон Хаф впервые предположил, что на Юпитере преобладает обширная газовая оболочка, превращающаяся в жидкость на большой глубине и при высоком давлении, и он является газовым гигантом, а не каменной планетой.

◀ 1830

Немецкий астроном Генрих Швабе получил подтверждение существования гигантского шторма на Юпитере — Большого Красного Пятна, которое наблюдали в 1660-х годах Джованни Кассини и Роберт Гук.



◀ Магнитосфера Юпитера. По данным зонда «Кассини-Гюйгенс», полученным в начале 2001 года

▶ 1955

Американские астрономы Кеннет Линн Франклин и Бернард Флаут Берк обнаружили исходящие от Юпитера вспышки радиоволн. Синхротронное излучение, происходящее при вращении высокоскоростных электронов в магнитном поле, свидетельствует о наличии магнитосферы.



◁ Зрительная труба  
Галилео Галилея

▶ 1610

Итальянский ученый Галилео Галилей, рассматривая Юпитер в телескоп, обнаружил рядом с планетой четыре спутника. Существование спутников около других планет опровергало идею о том, что все во Вселенной вращается вокруг Земли.

▷ Джованни  
Доминико Кассини



▶ 1665–1690

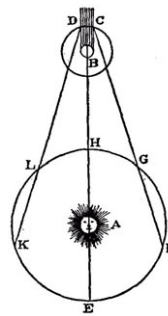
Итальянский и французский астроном Джованни Кассини зарисовал атмосферу Юпитера и определил полосы облаков и пятна, которые использовал для вычисления вращения планеты. Ученый пришел к выводу, что части Юпитера вращаются с разной скоростью.



◁ Джеймс Брэдли

▶ 1733

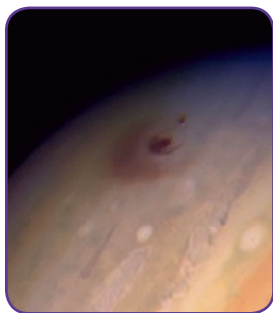
Английский астроном Джеймс Брэдли измерил диск Юпитера с помощью телескопа и использовал результат для вычисления диаметра планеты.



◁ Рисунок из статьи Олафа  
Рёмера об измерении  
скорости света

▶ 1676

Датский астроном Олаф Кристенсен Рёмер заметил, что затмения и транзиты спутников Юпитера не всегда происходят в предсказанные периоды из-за изменений во времени, которое требуется свету, чтобы достичь Земли. Это позволило ученому определить скорость света.



◁ След одного из  
обломков кометы  
Шумейкеров —  
Леви на поверхности  
Юпитера

▶ 1994

Фрагменты кометы Шумейкеров — Леви столкнулись с Юпитером, создав огненные шары диаметром, близким к диаметру Земли, и взбалтывание материала в недрах планеты. Они дают представление о химических процессах внутри планеты.



◁ Большое Красное Пятно  
и Малое Красное Пятно.  
Снимок космического  
телескопа «Хаббл»

▶ 2006

Астрономы отмечают, что большой шторм на Юпитере сформировался слиянием трех меньших белых штормов в 1998–2000 годах и стал впоследствии красным. В течение следующих нескольких лет Малое Красное Пятно растет вдвое быстрее по сравнению со знаменитым Большим Красным Пятном.

# МИССИИ К ЮПИТЕРУ

**ПЕРВЫМИ КОСМИЧЕСКИМИ КОРАБЛЯМИ, ВЫЛЕТЕВШИМИ ЗА ПРЕДЕЛЫ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, ДОКАЗАВ, ЧТО ПОЯС АСТЕРОИДОВ МОЖНО БЕЗОПАСНО ПЕРЕСЕЧЬ, СТАЛИ «ПИОНЕР-10» И «ПИОНЕР-11». ЗА НИМИ ПОСЛЕДОВАЛИ «ВОЯДЖЕР-1» И «ВОЯДЖЕР-2». ОНИ В 1979 ГОДУ ПЕРЕДАЛИ НА ЗЕМЛЮ ПЕРВЫЕ ДЕТАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЮПИТЕРА И ЕГО ОСНОВНЫХ СПУТНИКОВ. ОРБИТАЛЬНЫЙ АППАРАТ «ГАЛИЛЕО» С 1995 ПО 2003 ГОД ИЗУЧАЛ СИСТЕМУ ЮПИТЕРА, ИССЛЕДУЯ ПЛАНЕТУ И ЕГО ОСНОВНЫЕ СПУТНИКИ В ДЕТАЛЯХ, И СДЕЛАЛ МНОЖЕСТВО ОТКРЫТИЙ.**

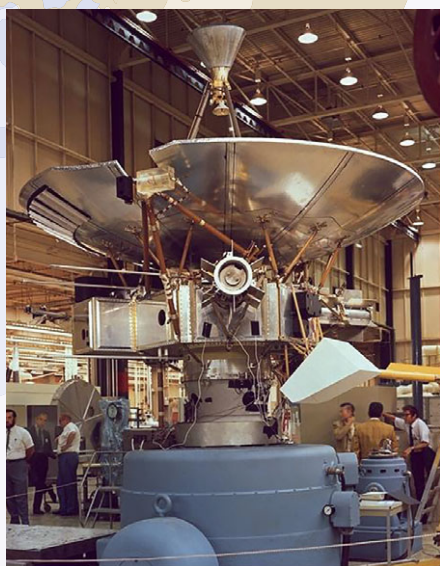
ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

ПУТЕШЕСТВИЕ К ЮПИТЕРУ

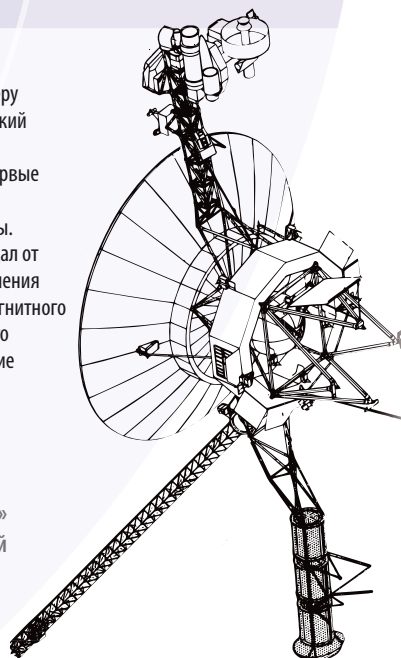
1972	«Пионер-10»
1973	«Пионер-11»
1977	«Вояджер-1»
1977	«Вояджер-2»
1989	«Галилео»
1997	«Кассини-Гюйгенс»
2006	«Новые горизонты»
2011	«Юнона»
План	JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer)
План	Europa Jupiter System Mission

△ Большую часть миссии АМС JUICE должен исследовать Ганимед, который, согласно гипотезе, имеет подповерхностный океан жидкой воды. Это имеет важное значение для определения обитаемости Солнечной системы помимо Земли. Будет составлена глобальная карта спутника Юпитера



**«Пионер-10»**  
Запущенный к Юпитеру в 1972 году космический аппарат через год прислал на Землю первые крупномасштабные изображения планеты. «Пионер-10» пострадал от радиационного излучения при прохождении магнитного экватора Юпитера, что подтверждает наличие у планеты сильного магнитного поля.

◁ КА «Пионер-10» на заключительной стадии конструирования



**«Вояджер-1» и «Вояджер-2»**  
Автоматические межпланетные станции «Вояджер-1» и «Вояджер-2» передали на Землю первые детальные виды Юпитера и его основных спутников. Эти миссии подтвердили существование слабой системы колец вокруг планеты и обнаружили три новых внутренних спутника, которые вращаются вокруг колец. Были сделаны изображения активных вулканов на Ио, трещин на Европе, ледяной коры на Юпитере и покадровое превращение закрученных облачных полос в Большое Красное Пятно.

◁ Схема АМС «Вояджер-1» и «Вояджер-2»

## ЛЕГЕНДА



НАСА (США)



Успех



ЕКА (Европа)



Цель полета



Совместная миссия НАСА и ЕКА

ПРОЛЕТ

ОРБИТАЛЬНЫЙ АППАРАТ

ЗОНД

## Атмосферные пробы

После прибытия на орбиту Юпитера в 1995 году АМС «Галилео» выпустила зонд с парашютом в атмосферу планеты, который продвигался в верхних облачных слоях на расстоянии 156 км до потери с ним контакта. За 78 мин удалось собрать данные о температуре, ветре, молниях, облаках и газах, через которые зонд прошел.



## «Кассини-Гюйгенс»

Автоматическая межпланетная станция «Кассини-Гюйгенс» по пути к Сатурну пролетела около Юпитера в декабре 2000 года и изучила оба его полушария, охватив более широкую площадь, нежели «Галилео». Была создана более детальная карта. «Кассини-Гюйгенс» зафиксировала белые бури в темном поясе облака и темный овальный шторм на северном полюсе.

◀ АМС «Кассини-Гюйгенс»

▷ КА «Юнона»



## «Юнона»

Запущенный в августе 2011 года первый космический аппарат, работающий на солнечной энергии на таком далеком расстоянии от Солнца, в 2016 году вышел на орбиту Юпитера. Цель миссии — совершить 33 орбета вокруг планеты и с помощью девяти научных инструментов картографировать магнитное поле планеты, измерить атмосферные уровни воды и аммиака, наблюдать за полярными сияниями и исследовать, имеет ли Юпитер твердое ядро. Возможно, полученные данные помогут разьяснить, как формируются планеты-гиганты. Чтобы получить точную информацию при изучении магнитного и гравитационного полей, аппарат должен находиться очень близко около планеты — в пределах 5000 км в верхних облаках.

# САТУРН $\text{♄}$

САТУРН ОЧЕНЬ ПОПУЛЯРЕН У ШИРОКОЙ ПУБЛИКИ БЛАГОДАРЯ СВОЕМУ ЭФФЕКТНОМУ ВНЕШНЕМУ ВИДУ. ЕГО ОКРУЖАЕТ СИСТЕМА КОЛЕЦ, САМАЯ ЗАМЕТНАЯ СРЕДИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ (ТОНКИЕ КОЛЬЦА ЕСТЬ У ВСЕХ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ). ЭТО МИЛЛИАРДЫ МЕЛЬЧАЙШИХ ЧАСТИЦ, ВРАЩАЮЩИХСЯ ВОКРУГ ПЛАНЕТЫ, ЕЕ МИКРОСПУТНИКОВ. СОСТАВ ИХ В ОСНОВНОМ ЛЕДЯНОЙ С ПРИМЕСЬЮ КАМЕННЫХ ЧАСТИЦ. ХОТЯ САТУРН ЯВЛЯЕТСЯ ВТОРОЙ ПО РАЗМЕРУ И МАССЕ ПЛАНЕТОЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, ЭТО ЕДИНСТВЕННАЯ ПЛАНЕТА, ЧЬЯ СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ МЕНЬШЕ ПЛОТНОСТИ ВОДЫ. ЭКВАТОРИАЛЬНЫЙ РАДИУС САТУРНА ЗАМЕТНО БОЛЬШЕ ПОЛЯРНОГО. ЭТО ЛЕГКО ОБЪЯСНЯЕТСЯ ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ И НИЗКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ГАЗОВОГО ГИГАНТА. СПЛЮСНУТОСТЬ САТУРНА НА ПОЛЮСАХ ЛЕГКО ЗАМЕТНА ДАЖЕ В ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ. В ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЯХ НАБЛЮДАЮТСЯ ОЧЕНЬ МОЩНЫЕ СИЯНИЯ — САМЫЕ ГРАНДИОЗНЫЕ ПО МАСШТАБУ ПОДОБНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ.

**Год:** 10 759,22 дня (29,5 года)

**Сутки:** 10 ч 34 мин 13 с ± 2 с

**Среднее расстояние от Солнца:** 1 433 449 370 км (9,6 а. е.)

**Средний радиус:** 60 268 км (9,46 земных)

**Масса:**  $5,6846 \cdot 10^{26}$  кг (95 земной)

**Атмосфера:** состав — водород, гелий, метан, аммиак и др.

**Спутники:** 62; крупнейшие — Титан, Рея, Диона, Япет

▷ Древнеримский бог земледелия Сатурн

## ЭТО ИНТЕРЕСНО

Планета получила имя римского бога Сатурна, покровителя земли и посевов, которому приписывалось введение в Италии земледелия, садоводства, культуры винограда, удобрения земли. По преданию, он считался доисторическим царем страны, переселившимся из Греции в Италию.

Существует две версии происхождения символа, обозначающего планету ( $\text{♄}$ ). Первая — это просто перевернутый символ Юпитера. Вторая, более правдоподобная, — серп для жатвы злаков, ведь Сатурн является богом земледелия.



Другие (1%): фосфин, аммиак, метан, этан

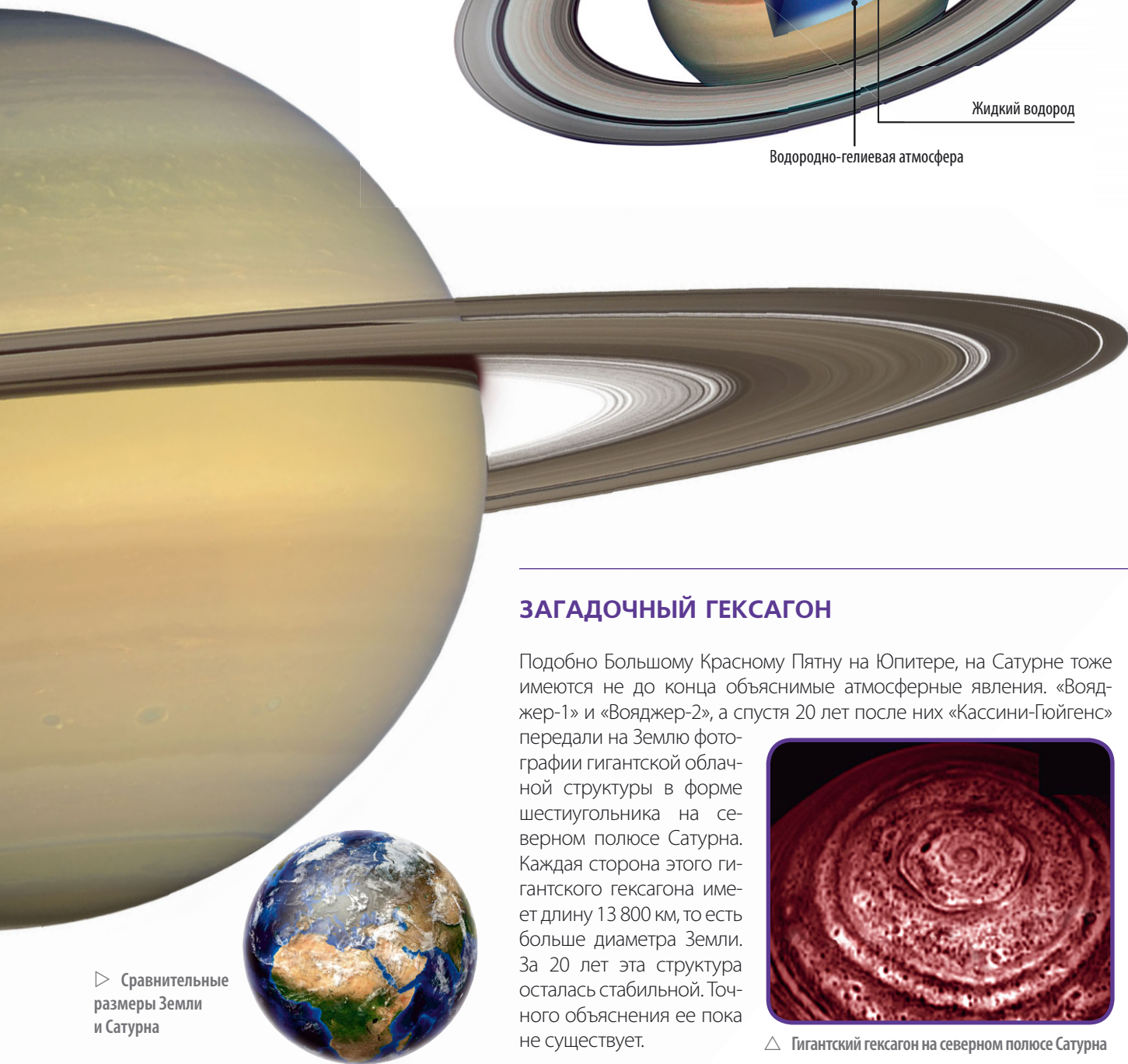
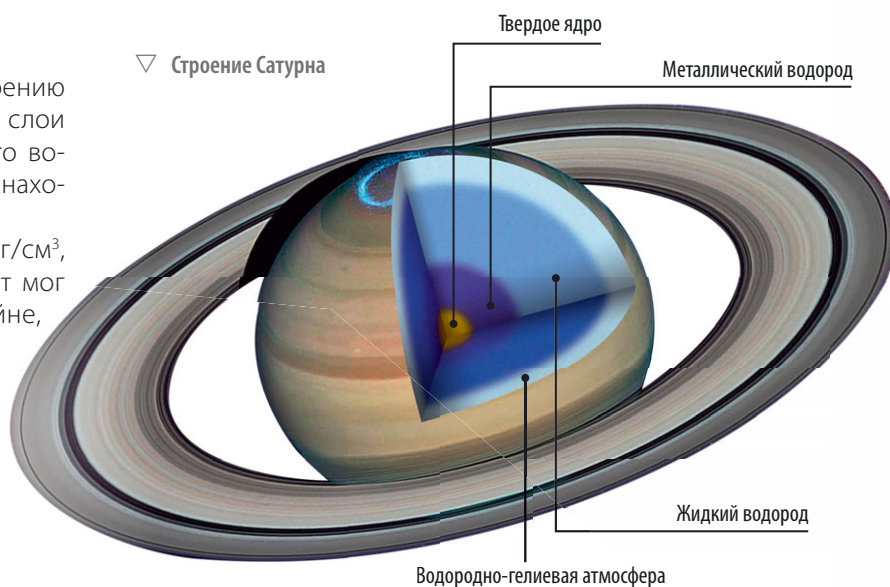
△ Состав атмосферы Сатурна



## ГИГАНТ ЛЕГЧЕ ВОДЫ

Строение Сатурна аналогично строению Юпитера. В нем тоже чередуются слои облаков, жидкого и металлического водорода. В центре планеты, видимо, находится твердое силикатное ядро. Общая плотность Сатурна —  $0,687 \text{ г/см}^3$ , то есть она такова, что этот гигант мог бы плавать в воображаемом бассейне, как мячик.

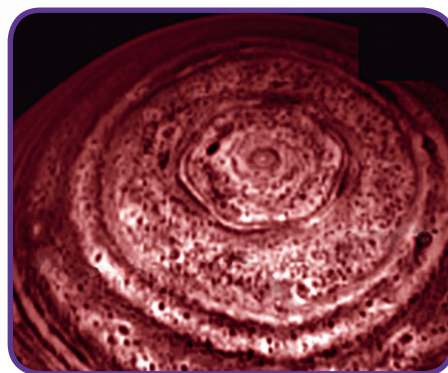
### ▽ Строение Сатурна



▷ Сравнительные размеры Земли и Сатурна

## ЗАГАДОЧНЫЙ ГЕКСАГОН

Подобно Большому Красному Пятну на Юпитере, на Сатурне тоже имеются не до конца объяснимые атмосферные явления. «Вояджер-1» и «Вояджер-2», а спустя 20 лет после них «Кассини-Гюйгенс» передали на Землю фотографии гигантской облачной структуры в форме шестиугольника на северном полюсе Сатурна. Каждая сторона этого гигантского гексагона имеет длину 13 800 км, то есть больше диаметра Земли. За 20 лет эта структура осталась стабильной. Точного объяснения ее пока не существует.



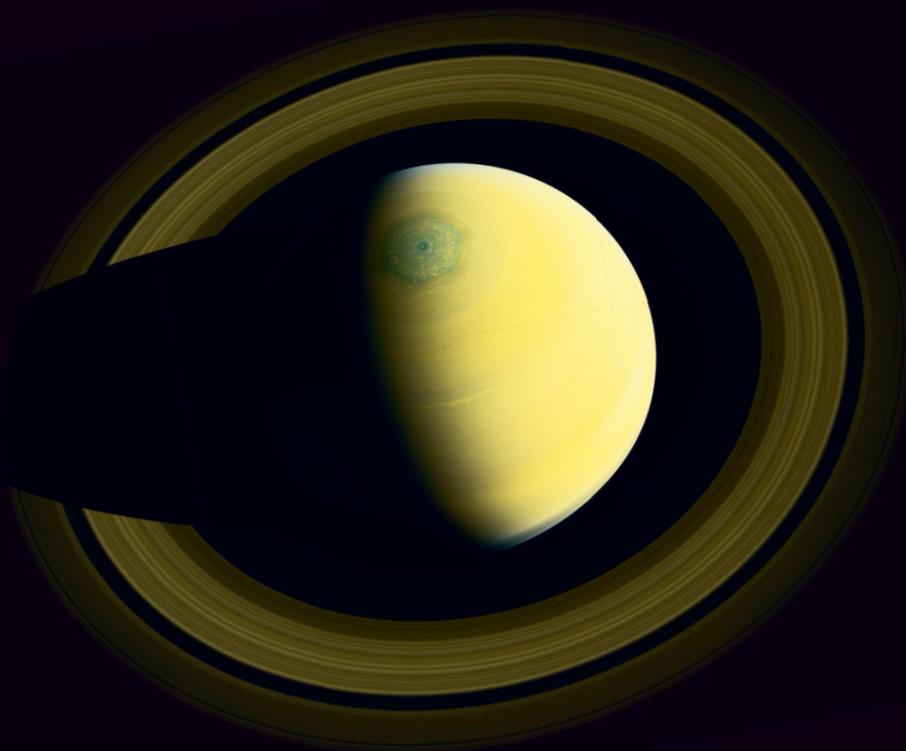
△ Гигантский гексагон на северном полюсе Сатурна



## КОЛЬЦА САТУРНА

В отличие от других систем планетарных колец в Солнечной системе, кольца Сатурна отлично видны с Земли. Их можно заметить уже с 30-кратным увеличением в небольшой телескоп. Правда, немалую роль играет качество инструмента. Так, Галилео Галилей, взглянув на Сатурн в свой несовершенный телескоп, не смог понять, что именно он наблюдает.

▷ Кольца Сатурна в ракурсе, никогда не видимом с Земли. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»



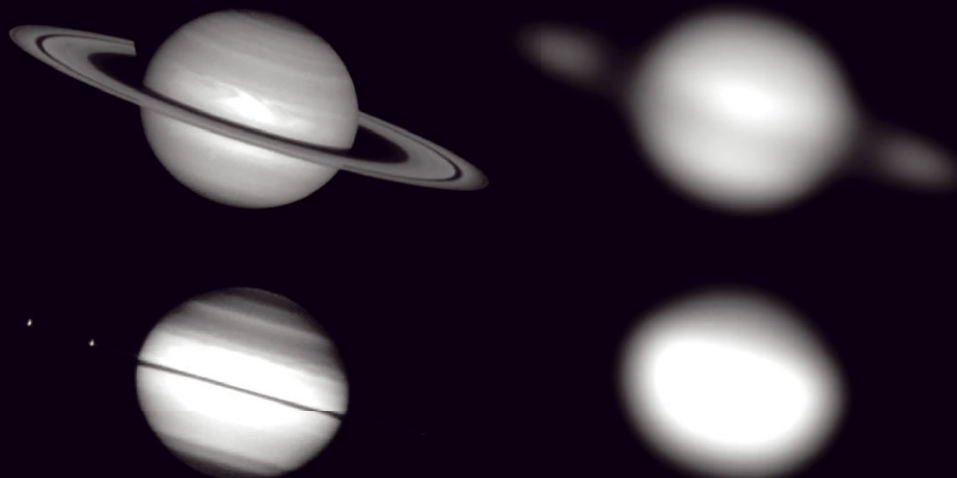
### Ошибка Галилея

Наблюдая Сатурн в 1609–1610 годах, Галилей обнаружил рядом с планетой два выступа, почти касавшиеся ее. Ученый решил, что это два крупных спутника, и согласно традиции того времени опубликовал зашифрованное сообщение об открытии. А через два года, взглянув на Сатурн снова, Галилей уже не обнаружил «спутников»! Теперь мы знаем, что в это время кольца были повернуты к Земле ребром.

По-настоящему открыл кольцо вокруг Сатурна Христиан Гюйгенс в 1659 году. Позже Джованни Кассини заметил, что оно разделено на два кольца щелью, которая теперь называется щелью Кассини. Теперь мы знаем, что кольца имеют сложнейшую структуру и состоят из множества тонких колец.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

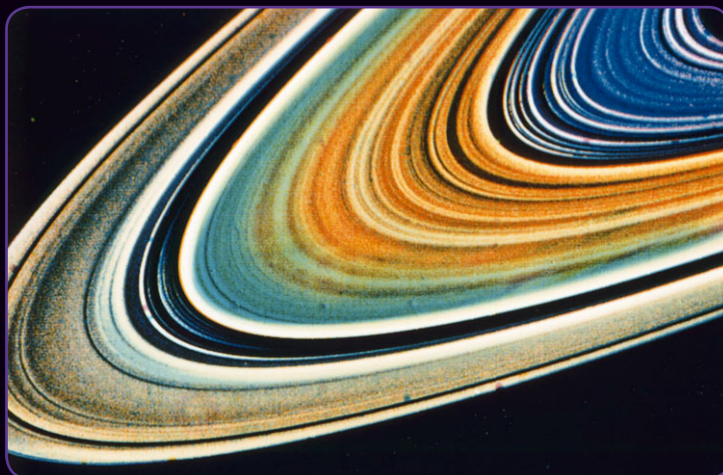
Математически доказано, что сплошные кольца такого размера существовать не могли: их бы разорвало гравитацией Сатурна.



▷ Сатурн. Вид в современный телескоп (слева) и в телескоп Галилея (справа)

### Сотни колечек

До XX века были известны три основных кольца (А, В и С). Но с улучшением средств наблюдения, а особенно с началом космической эры наблюдались все более тонкие структуры. Теперь мы знаем, что широкие кольца образованы из узеньких колечек, число которых измеряется сотнями. Состоят они в основном из ледяных частиц (около 99 %) и силикатной пыли. Благодаря такому составу они блистают отраженным светом сильнее, чем поверхность самого диска планеты. По одной из гипотез, кольца — это остатки древних спутников Сатурна, поглощенных планетой.

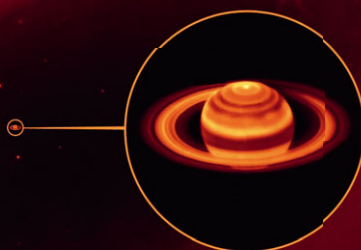


△ Структура колец Сатурна (цвет изменен)

### Гигантское новое кольцо

На начало XXI века самым далеким и большим было кольцо E, простирающееся на расстояние от 3 до 8 радиусов Сатурна. Но в 2009 году инфракрасный космический телескоп «Спитцер» обнаружил гигантское по размерам (но при этом разреженное и прозрачное) кольцо. Его диаметр равен примерно 300 радиусам Сатурна. В нем больше мельчайших пылинок, чем льда, а их источником служит спутник планеты Феба.

▽ Гигантское кольцо Сатурна, обнаруженное телескопом «Спитцер»



## ТИТАН

Титан — один из самых больших спутников в Солнечной системе: он превосходит размерами и Луну, и даже планету Меркурий. Больше него среди спутников лишь Ганимед Юпитера.

**Диаметр:** 5152 км

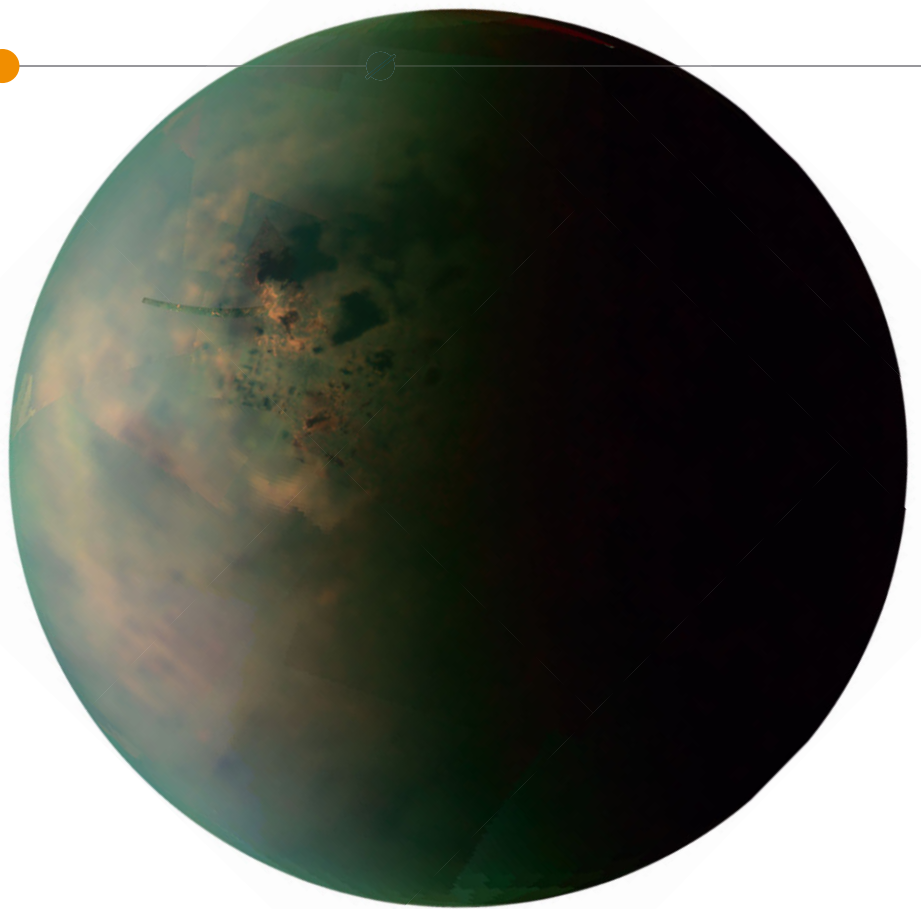
**Среднее расстояние от Сатурна:**  
1 221 870 км

**Период вращения:** 15,95 суток (обращен к планете одной стороной)

**Масса:**  $1,3452 \cdot 10^{23}$  кг

**Атмосфера:** состав — азот (98,4 %), метан (1,6 %); давление — 146,7 кПа

▷ Титан в инфракрасных лучах. Различимы детали поверхности. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»

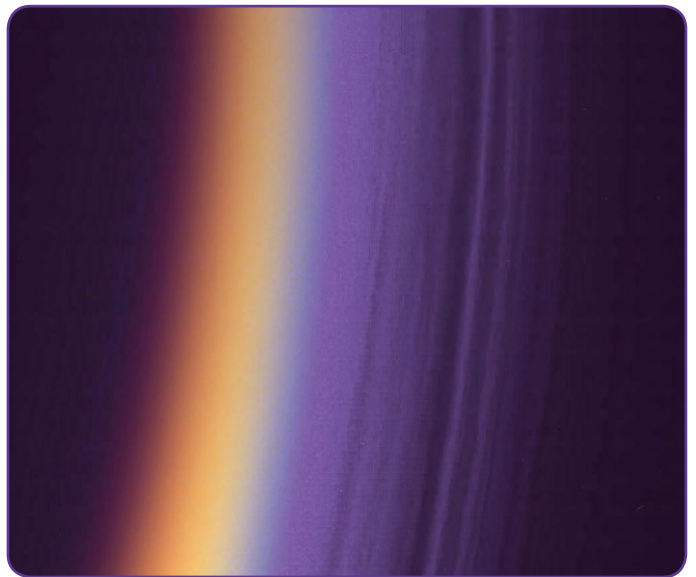


### Атмосфера Титана

Титан уникален своей атмосферой более 400 км в толщину. Ни один другой спутник не имеет такой визуально заметной газовой оболочки, а у Титана она настолько плотная, что затрудняет наблюдение его рельефа. Атмосфера состоит в основном из азота с примесью метана и аргона. Атмосферное давление у поверхности спутника превышает земное в 1,5 раза. Сила тяжести в 7 раз меньше земной.



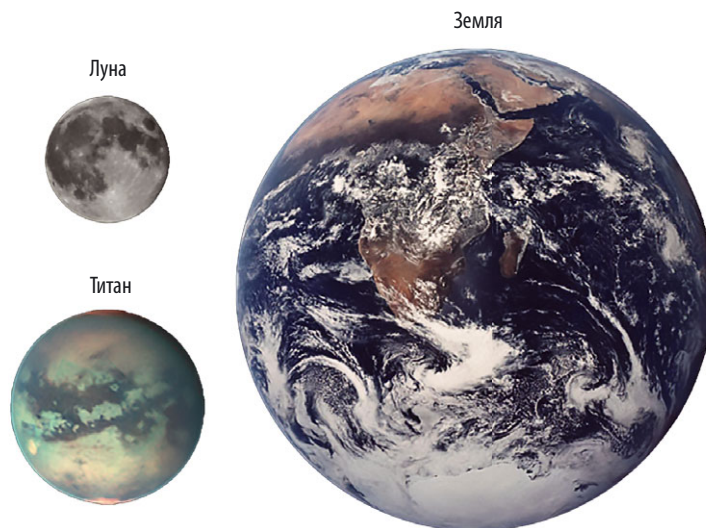
△ Полумесяц Титана. Хорошо видно, насколько атмосфера спутника плотная и протяженная. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»



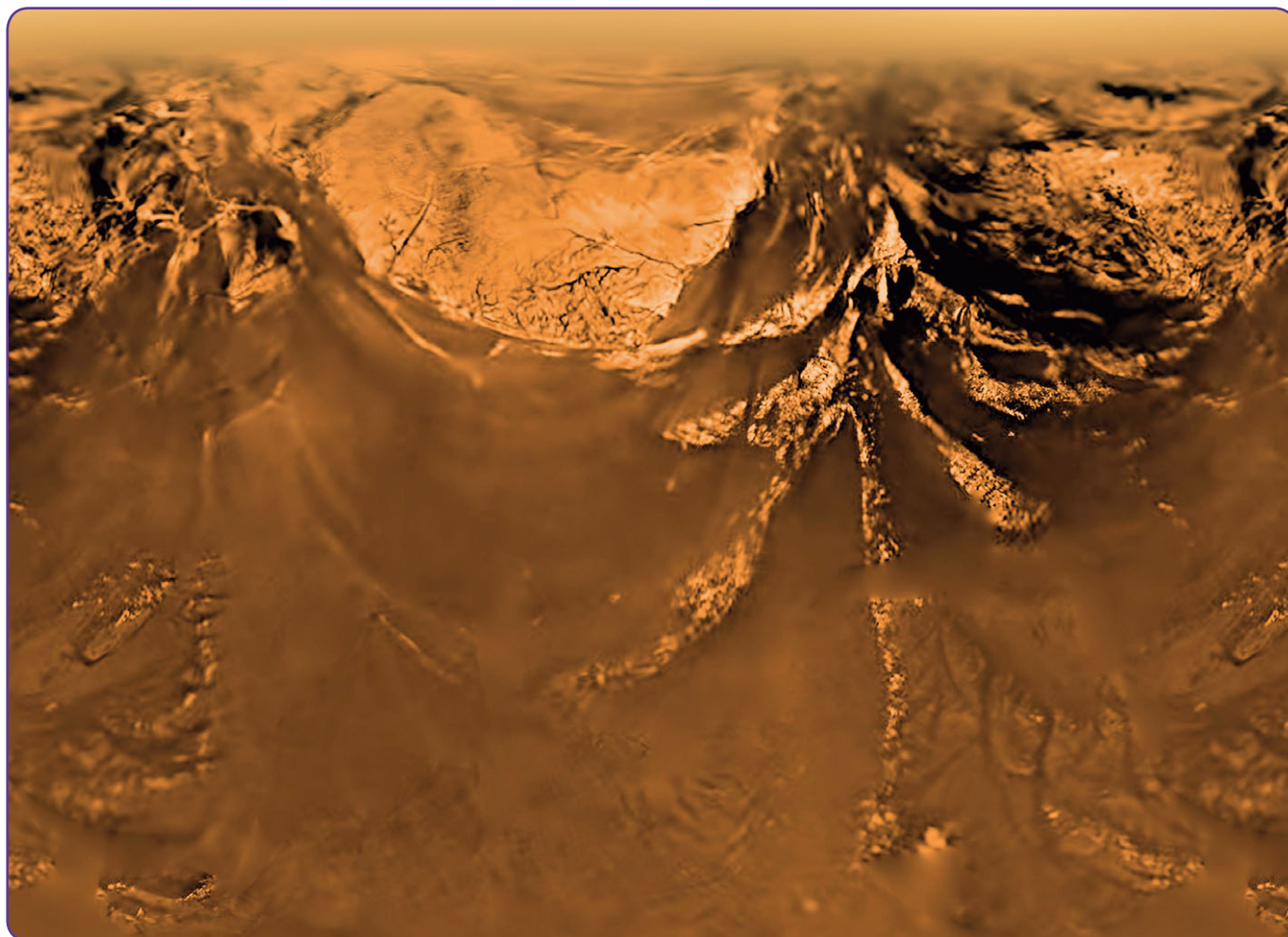
△ Слоистое строение атмосферы Титана. Раскрашенное в естественные цвета изображение. Снимок, сделанный АМС «Кассини-Гюйгенс» в 2004 году

### Поверхность Титана

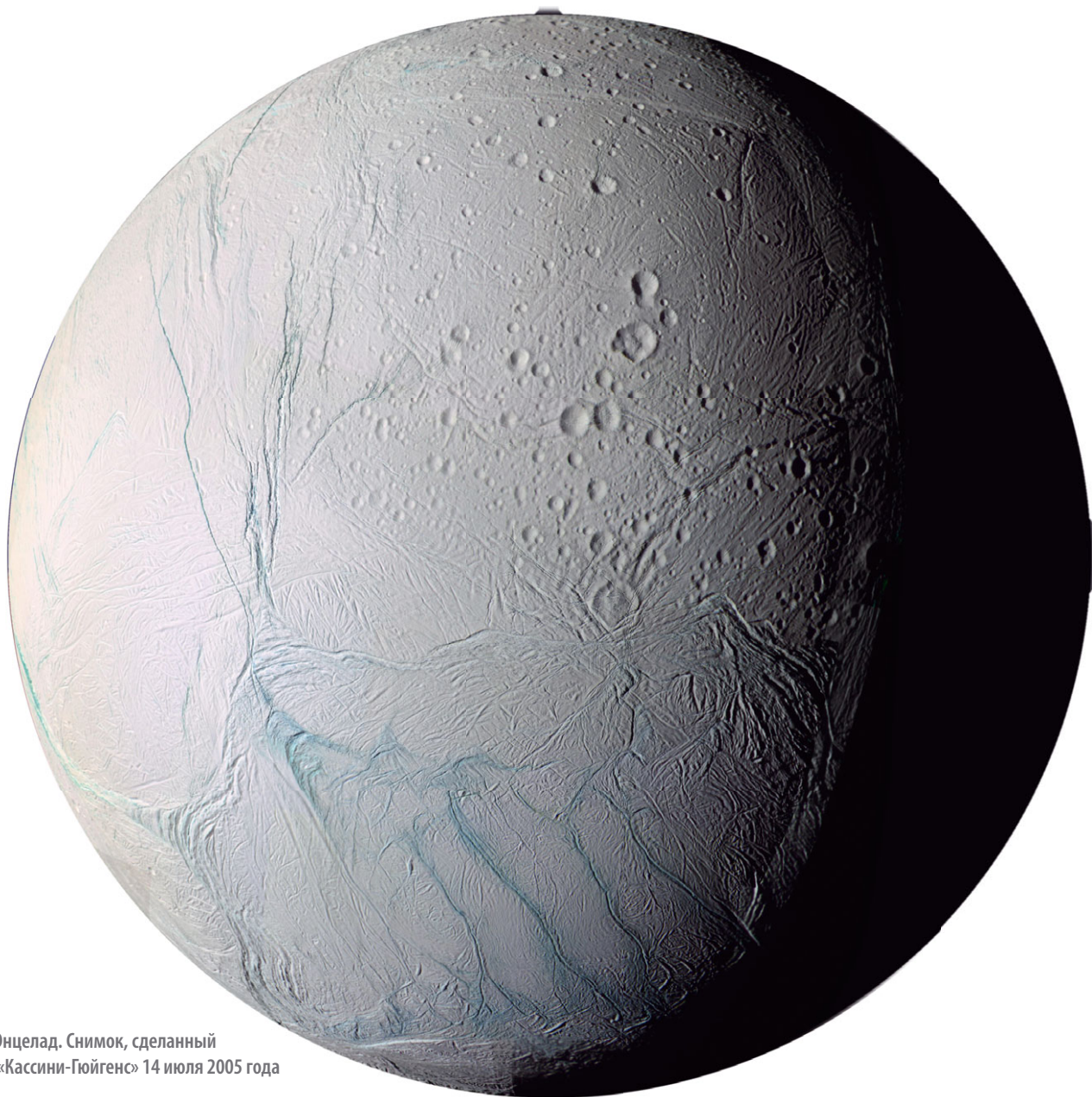
Плотная атмосфера Титана долгое время не позволяла увидеть его рельеф. Под ее плену смог заглянуть только зонд «Гюйгенс» в 2004 году. Поверхность Титана в основном состоит из водяного льда и осадочных органических веществ. Геологический возраст ее невелик. На спутнике мало возвышенностей и гор. Поскольку на Титане очень холодно ( $-179,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), газы встречаются на этом небесном теле и в твердом, и в жидком состоянии. В атмосфере Титана плавают облака из метана, метано-этановые снег и дождь выпадают на поверхность. Более того, на спутнике плещутся метановые озера, сравнимые по размерам с Каспийским морем. Несмотря на столь экзотические условия, некоторые ученые не исключают существования на Титане жизни (например, на основе метана), а также развития жизни в будущем.



△ Сравнение размеров Земли, Титана и Луны



△ Горная гряда на Титане. Радиоспектральный снимок, сделанный с высоты 10 км спускаемым зондом «Гюйгенс» АМС «Кассини-Гюйгенс» 14 января 2005 года



△ Энцелад. Снимок, сделанный АМС «Кассини-Гюйгенс» 14 июля 2005 года

## ЭНЦЕЛАД

Земная жизнь существует на водной основе, поэтому понятны попытки ученых искать ее там, где есть жидкая вода. На Марсе ее почти нет, на Европе она скрыта многокилометровым слоем льда. Однако жидкая вода оказалась там, где ее совсем не ожидали найти, — на Энцеладе, небольшом спутнике Сатурна диаметром всего около 500 км.

Характер поверхности Энцелада — ровные поля с затянувшимися «морщинами» — явно указывает на то, что под ледяной корой скрывается океан (он и является причиной сглаживания льда). К удивлению ученых, на Энцеладе обнаружили также гейзеры, выбрасывающие воду в космическое пространство. Это вновь подняло вопрос о возможности существования жизни помимо Земли. Никогда прежде ее не предполагали искать на таком маленьком небесном теле. По результатам исследования АМС «Кассини-Гюйгенс», вода на Энцеладе близка по составу к земной.

**Период обращения:** 1,4 дня  
(обращен к планете одной стороной)

**Среднее расстояние от Сатурна:**  
237 948 км

**Средний радиус:** 252,1 км

**Масса:**  $(1,080\ 22 \pm 0,00101) \cdot 10^{20}$  кг

**Атмосфера:** крайне разреженная, состав — водяной пар (91 %), азот (4 %), углекислый газ (3,2 %), метан (1,7 %)

### Ледяной малютка

Энцелад — одно из самых маленьких известных небесных тел, имеющих шарообразную форму. Спутник-малютка покрыт сплошной ледяной корой, в северном полушарии наблюдаются кратеры, а в южном поверхность более гладкая, что указывает на постоянное ее обновление. Причиной сглаживания льда является подповерхностный океан.

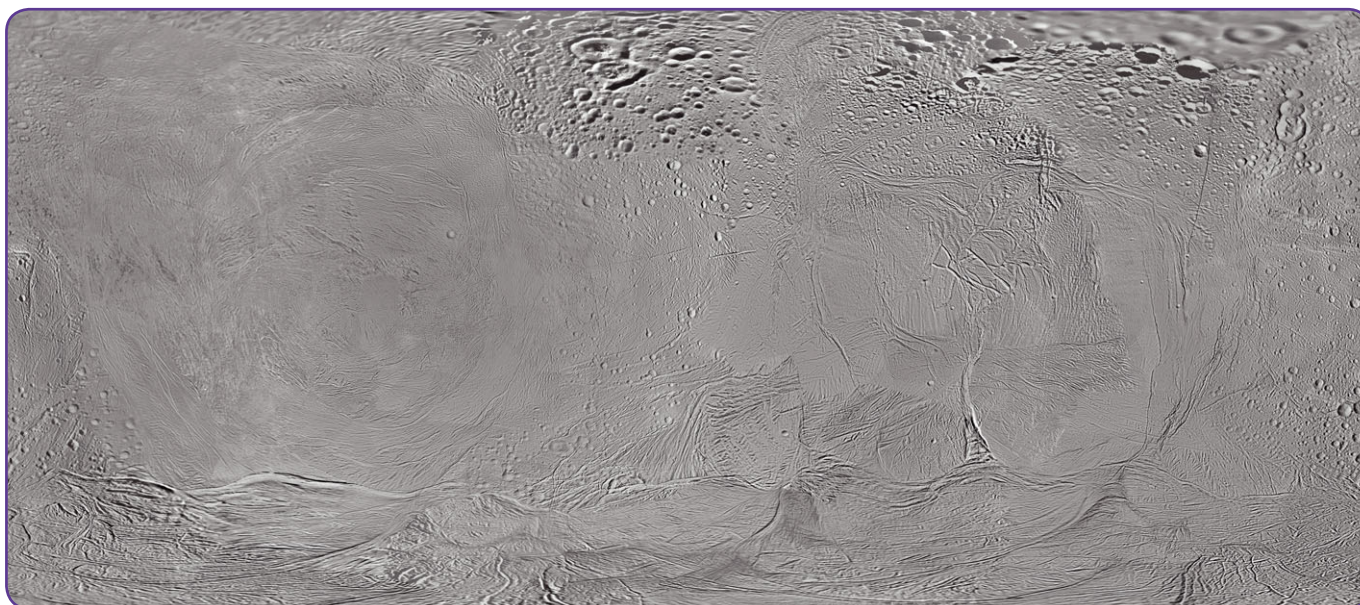
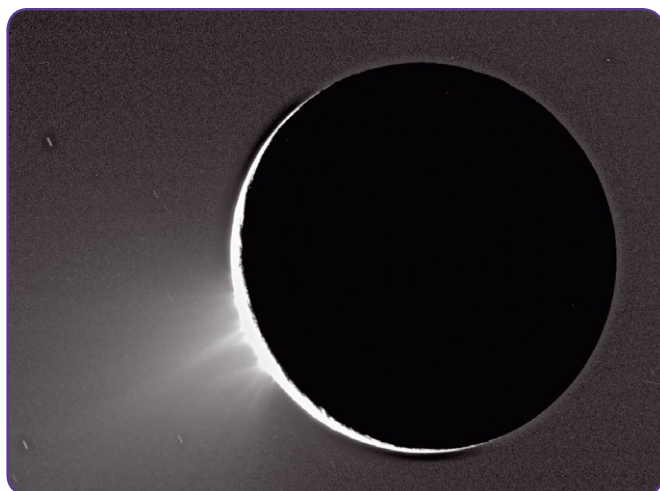
▷ Размер Энцелада в сравнении с Великобританией



### Гейзеры и океан

Переданные АМС «Кассини-Гюйгенс» в 2005 году снимки гейзеров дали повод говорить о существовании под ледяной корой Энцелада полноценного океана жидкой воды. В 2014 году были опубликованы результаты исследований, согласно которым в южном полярном районе Энцелада находится подповерхностный океан. Размер водной массы сопоставим с североамериканским озером Верхним, площадь составляет около 80 000 км<sup>2</sup> (10 % от площади Энцелада), толщина — около 10 км, а глубины залегания — 30–40 км.

◁ Извержения гейзеров на поверхности Энцелада.  
Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»



△ Обновленная глобальная карта Энцелада, созданная с использованием снимков, сделанных во время пролетов зонда «Гюйгенс» мимо спутника Сатурна в 2001 году

## ГИПЕРИОН

Гиперион — один из самых необычных спутников Сатурна. Он имеет неправильную форму и движется, огибая планету, по сильно вытянутой орбите. Кроме того, он имеет нерегулярный период вращения вокруг своей оси и очень своеобразное внутреннее строение. Все это делает его объектом пристального внимания ученых.

**Период обращения вокруг Сатурна:** 21,27661 сут.

**Период обращения вокруг своей оси:** хаотичный

**Среднее расстояние от Сатурна:** 1 481 009 км

**Диаметр:** 360 × 280 × 225 км

**Масса:**  $5,686 \cdot 10^{18}$  кг

**Атмосфера:** нет

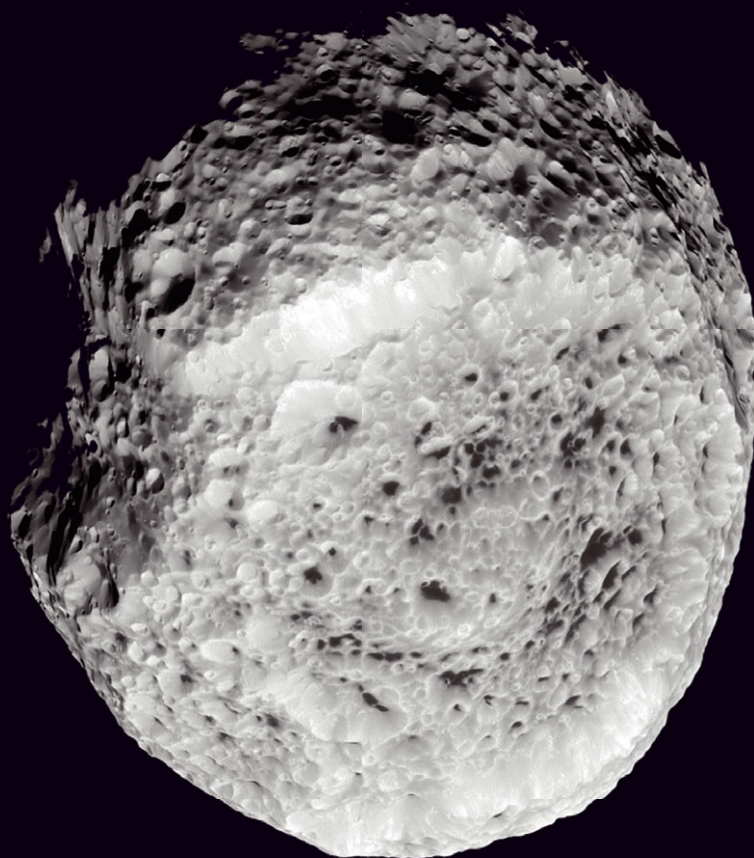
▽ Гиперион. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»



### Спутник с губчатой структурой

Впервые фотография Гипериона была сделана АМС «Вояджер-2» в 1981 году, но только издалека. Она не смогла разглядеть фактуру поверхности. Крупномасштабные ее изображения были получены «Кассини-Гюйгенс» в 2005 году, после этого космический аппарат еще несколько раз делал съемки удивительного спутника.

Гиперион покрыт глубокими кратерами с острыми краями, которые делают его похожим на губку. Анализ данных о спутнике только усиливает это сходство: около 40 % внутреннего объема Гипериона занимают пустоты.



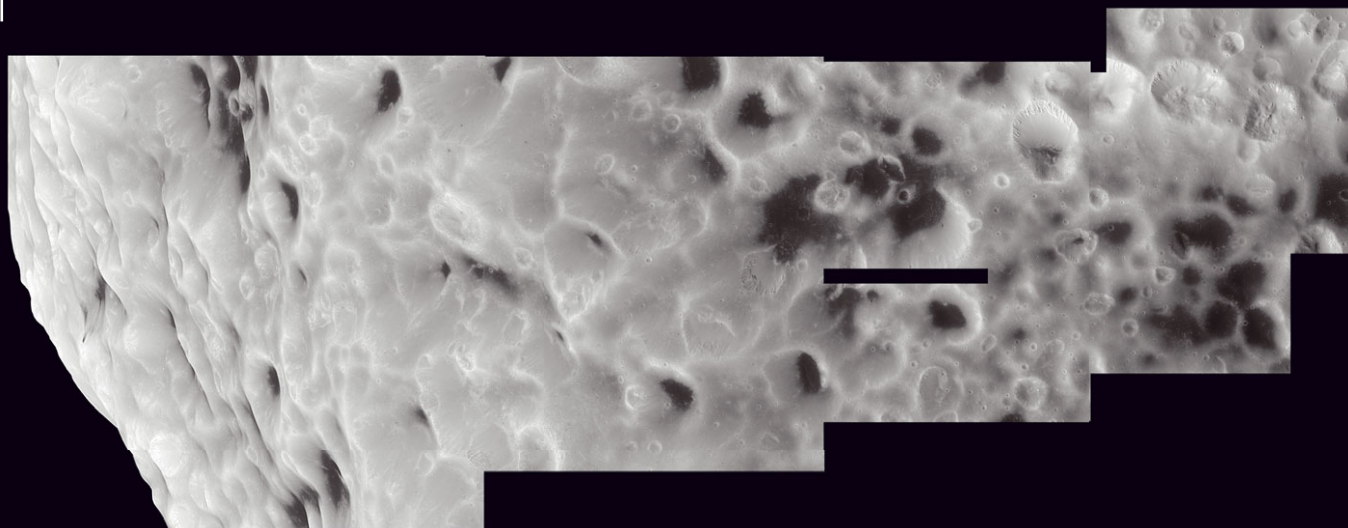
▷ Гиперион. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»

### Осколок с хаотическим вращением

Состоит Гиперион в основном из водяного льда с небольшой примесью твердых пород. Его неправильная форма предположительно объясняется тем, что Гиперион — это осколок более крупного небесного тела, разрушенного столкновением или разорванного гравитационными силами.

Вращение Гипериона хаотично, то есть ось его вращения качается так сильно, что предсказать ее дальнейшую ориентацию в пространстве невозможно. Считается, что продолжительность суток на Гиперионе непостоянна из-за его сильно вытянутой орбиты и несферической формы.

▽ Мозаика поверхности Гипериона. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»





# ИЗУЧЕНИЕ САТУРНА

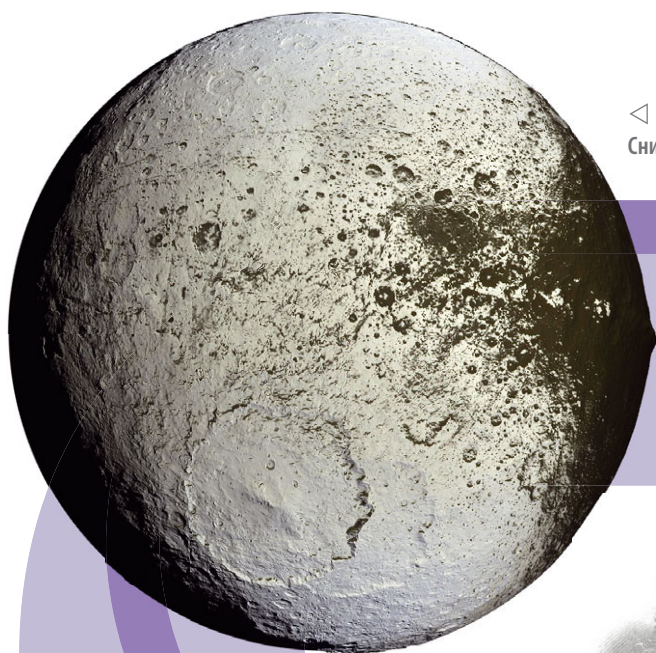


◀ Клавдий Птолемей

**ПРЕЖДЕ ЧЕМ КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ ОБНАРУЖИЛИ КОЛЬЦА ВОКРУГ ДРУГИХ ПЛАНЕТ, КОЛЬЦА ВОКРУГ САТУРНА СЧИТАЛИСЬ УНИКАЛЬНЫМИ. ХОТЯ О НИХ ИЗВЕСТНО С XVII ВЕКА, КОЛЬЦА ОСТАВАЛИСЬ ЗАГАДКОЙ НА ПРОТЯЖЕНИИ ПОЧТИ 250 ЛЕТ, ПОКА ФИЗИК ДЖЕЙМС КЛЕРК МАКСВЕЛЛ НЕ ОБЪЯСНИЛ ИХ ИСТИННУЮ ПРИРОДУ. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕЛЕСКОПОВ ВЫЯВИЛО СТРУКТУРУ КОЛЕЦ, А ТАКЖЕ МНОЖЕСТВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ВОКРУГ САТУРНА СПУТНИКОВ. ОДНАКО ЛИШЬ ПЕРВЫЕ МЕЖПЛАНЕТНЫЕ МИССИИ ПОМОГЛИ ПОНЯТЬ СЛОЖНОСТЬ СИСТЕМЫ ПЛАНЕТЫ.**

▶ 127

Для древних астрономов Сатурн имел особое значение как самая медленная из пяти известных планет. Греческий ученый Птолемей поместил Сатурн на внешней стороне кристаллических сфер с неподвижными звездами, которые, как он представлял, окружают Землю.



◀ Светлая и часть темной стороны спутника Сатурна Япета. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»

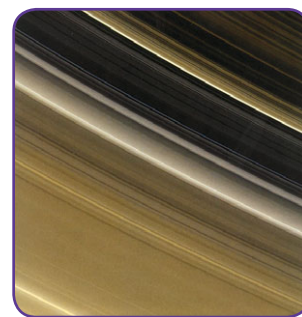
◀ 1705

Наблюдая с 1671 года за спутником Сатурна Япетом, Джованни Кассини обнаружил, что тот изменяет свой блеск в разных положениях относительно Сатурна. Ученый пришел к правильному выводу: Япет имеет разные по цвету полушария — темное и светлое.

▶ Джеймс Клерк Максвелл



▶ Кольца Сатурна с расстояния 1,8 млн км под углом 30° (цвет близок к естественному). Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс», сделанный в 2006 году



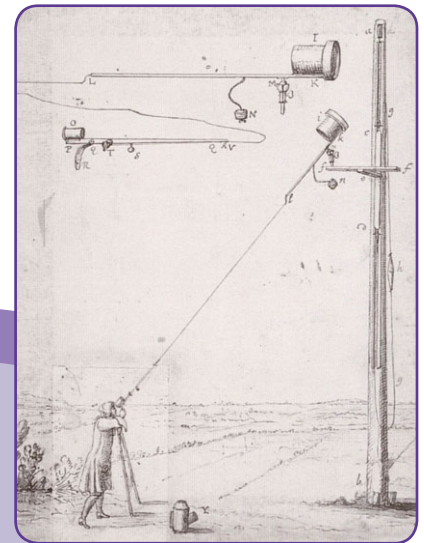
▶ 1859

Британский физик Джеймс Клерк Максвелл с помощью математического анализа доказал, что кольца Сатурна не могут быть жидкими (до этого французский ученый Пьер-Симон Лаплас обосновал, что они не могут быть твердыми), а их устойчивость обеспечивается лишь в том случае, если они состоят из не связанных между собой твердых частиц — метеоритов. Устойчивость колец обеспечивается их притяжением к Сатурну и взаимным движением планеты и метеоритов.



◁ Таким Сатурн предстал перед Галилеем

▷ 66-метровый воздушный телескоп, построенный Христианом Гюйгенсом

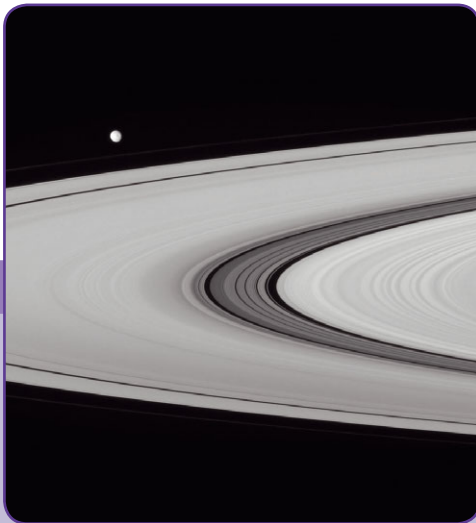


### ▶ 1610

Галилео Галилей в далеко не совершенный на то время телескоп разглядел, что Сатурн имеет странную форму, похожую на рукоятку кувшина. Ученый предполагал, что вокруг планеты вращаются два больших спутника. Так он искаженно видел кольца Сатурна.

### ▶ 1655

Голландский астроном и приборостроитель Христиан Гюйгенс с помощью мощного телескопа собственного изобретения заключил, что Сатурн окружен тонким плоским кольцом. Ученый открыл самый большой спутник планеты — Титан.



◁ Щель Кассини. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»

### ◀ 1675

Итальянский и французский астроном Джованни Кассини в Парижской обсерватории увидел темную окружность внутри колец Сатурна — границу, названную впоследствии щелью Кассини. Это подтолкнуло ученых к догадке, что кольца имеют сложную внутреннюю структуру.

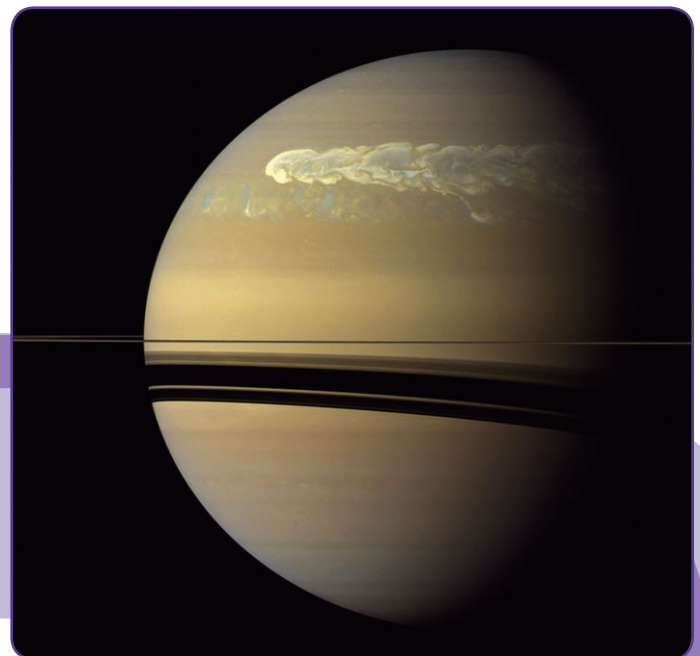


◁ Большое Белое Пятно в 1994 году. Снимок космического телескопа «Хаббл»

▷ Большое Белое Пятно в 2010 году. Снимок АМС «Кассини-Гюйгенс»

### ▶ 1876

Асаф Холл впервые наблюдает Большое Белое Пятно — периодическое явление в атмосфере Сатурна, возникающее раз в 29,5 лет, то есть за один сатурнианский год.



# МИССИИ К САТУРНУ

САТУРН И ЕГО СИСТЕМУ В КОСМОСЕ ИЗУЧАЛИ ТОЛЬКО ЧЕТЫРЕ АППАРАТА. ПЕРВЫМ БЫЛ «ПИОНЕР-11». ОН ПРОЛЕТЕЛ МИМО, НО ОТПРАВИЛ НА ЗЕМЛЮ СНИМКИ ПЛАНЕТЫ И ЕЕ СПУТНИКОВ. ЧУТЬ ПОЗЖЕ САТУРНА ДОСТИГЛИ АППАРАТЫ «ВОЯДЖЕР-1» И «ВОЯДЖЕР-2». БЛАГОДАРЯ ЭТОЙ МИССИИ УДАЛОСЬ ОТКРЫТЬ ПЯТЬ НОВЫХ СПУТНИКОВ И ВЫЯСНИЛОСЬ, ЧТО КОЛЬЦА САТУРНА СОСТОЯТ ИЗ МАЛЕНЬКИХ КОЛЕЧЕК. АППАРАТ «КАССИНИ-ГЮЙГЕНС» ЗА 6 ЛЕТ РАБОТЫ НА ОРБИТЕ СФОТОГРАФИРОВАЛ САТУРН И ЕГО СПУТНИКИ. БЫЛ ВЫСАЖЕН ЗОНД НА ПОВЕРХНОСТЬ САМОГО КРУПНОГО СПУТНИКА ТИТАНА, ОТКУДА УДАЛОСЬ СДЕЛАТЬ ПЕРВЫЕ СНИМКИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ.

ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

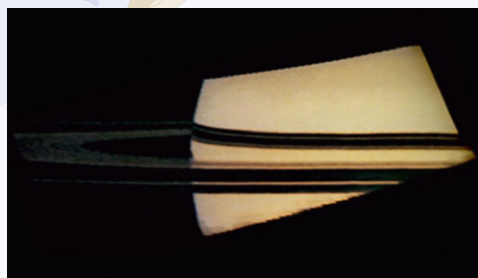
ПУТЕШЕСТВИЕ К САТУРНУ

1973	«Пионер-11»
1977	«Вояджер-1»
1977	«Вояджер-2»
1997	«Кассини-Гюйгенс»
План	«Титан-Сатурн»

△ Будущей миссией к Сатурну, вероятно, станет изучение Титана. Ожидается, что в совместном проекте НАСА и Европейского космического агентства будут изучены недра самых больших спутников Сатурна. Дата запуска экспедиции пока неизвестна

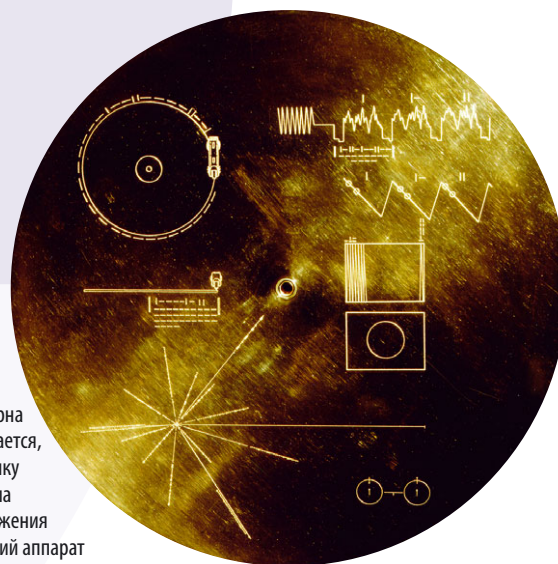
## «Пионер-11»

Первый космический корабль, который пролетел возле Сатурна на расстоянии 21 000 км и передал на Землю в 1979 году детальные изображения колец планеты и ее атмосферных и погодных условий. Аппарат исследовал возможные траектории полета для последующих миссий «Вояджер».



## Цель миссий «Вояджер»

По достижении в 1980 году АМС НАСА «Вояджер-1» Сатурна его траектория пересматривается, чтобы приблизиться к спутнику планеты Титану. АМС передала на Землю первые его изображения крупным планом. Космический аппарат был предшественником АМС «Вояджер-2», достигшей орбиты Сатурна спустя 8 месяцев. Совместно были сфотографированы основные спутники планеты. Каждая миссия содержала на борту золотую пластинку — диск с записанной информацией о Земле. Впоследствии «Вояджер-2» был направлен к Урану и Нептуну.



△ Образец золотой пластинки, отправленной за пределы Солнечной системы с миссиями «Вояджер»

◁ Снимок Сатурна, сделанный АМС «Пионер-11»

## ЛЕГЕНДА



НАСА (США)



Успех



ЕКА (Европа)



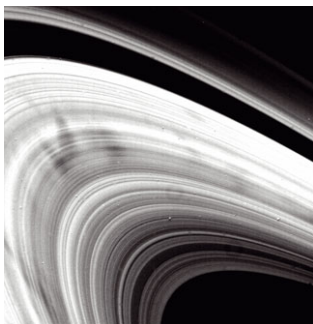
Цель полета



Совместная миссия НАСА и ЕКА

ПРОЛЕТ

ОРБИТАЛЬНЫЙ АППАРАТ



◁ Снимок колец Сатурна, сделанный АМС «Вояджер-2»

**Открытия «Вояджера»**

Миссии «Вояджер» подтвердили существование бесчисленных отдельных колечек внутри основных колец Сатурна, а также короткоживущих конструкций, таких как радиальные спицы. Плотная атмосфера Титана оказалась непроходимой, однако «Вояджеры» исследовали поверхность некоторых других спутников Сатурна и изучили метеорологическую систему планеты.

**Открытия «Кассини-Гюйгенс»**

Находясь на орбите Сатурна более 10 лет, АМС «Кассини-Гюйгенс» исследовала спутники планеты. Была сфотографирована кратерная поверхность Фебы, являющаяся свидетельством того, что спутник — захваченная комета или малая планета. Зонд «Гюйгенс», выпущенный АМС, исследовал сушу в экваториальном районе Титана. Позже радар станции обнаружил озера вокруг его полюсов. С помощью инфракрасной камеры был зафиксирован солнечный свет, отраженный от поверхности озера Онтарио на южном полюсе Титана, подтверждено существование на нем озера жидкого метана. Изучая спутник Энцелад, АМС сфотографировала ледяной фонтан, извергающийся на сотни километров в космос. Было подтверждено сложное строение колец Сатурна и расширено представление о непростых погодных условиях на планете, зафиксирован рост Большого Белого Пятна, покрывающего площадь в северном полушарии Сатурна, в 8 раз превышающую размер Земли.



△ Отделение зонда «Гюйгенс» от АМС «Кассини-Гюйгенс» в представлении художника

# УРАН ♃

**ПЛАНЕТА УРАН — СЕДЬМАЯ В ПОРЯДКЕ УДАЛЕННОСТИ ОТ СОЛНЦА. СРЕДИ ДРУГИХ СЛАБЫХ ЗВЕЗД ОНА НАСТОЛЬКО НЕПРИМЕТНА И ТАК МЕДЛЕННО ДВИЖЕТСЯ, ЧТО МНОГИЕ АСТРОНОМЫ, НАБЛЮДАЯ ЕЕ В ТЕЛЕСКОПЫ, ПРИНИМАЛИ ЗА ЗВЕЗДУ И ЗАНОСИЛИ В ЗВЕЗДНЫЕ КАТАЛОГИ ПОД РАЗНЫМИ НОМЕРАМИ. ДИСК УРАНА РАЗЛИЧИМ ТОЛЬКО ПРИ БОЛЬШИХ УВЕЛИЧЕНИЯХ, ЧТО ДОБАВЛЯЛО ПУТАНИЦЫ. ОТКРЫЛ ПЛАНЕТУ АНГЛИЙСКИЙ АСТРОНОМ-НАБЛЮДАТЕЛЬ УИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ В 1781 ГОДУ.**

**Год:** 30 685 дней (84 года)

**Сутки:** 0,7 дня (17 ч 14 мин 24 с)

**Среднее расстояние от Солнца:**

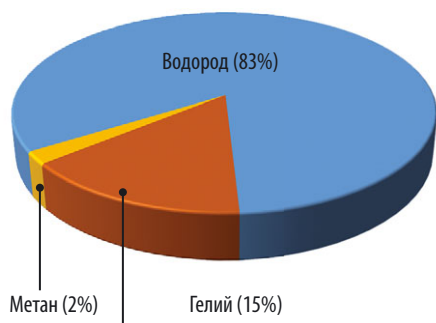
2 876 679 082 км (19,2 а. е.)

**Средний радиус:** 25 559 км (4 земных)

**Масса:**  $8,6832 \cdot 10^{25}$  кг (14,6 земной)

**Атмосфера:** состав — водород, гелий, метан

**Спутники:** 27; крупнейшие — Титания, Миранда, Ариэль, Умбриэль, Оберон



△ Состав атмосферы Урана



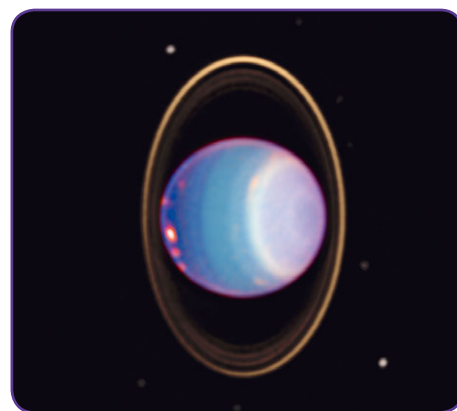
▷ Сравнительные размеры Земли и Урана

## ХОЛОДНАЯ ПЛАНЕТА

Уран принадлежит к планетам-гигантам, хотя он заметно меньше Юпитера и Сатурна. Скорее всего, у него тоже нет твердой поверхности. Атмосфера планеты очень спокойная: по сравнению с Юпитером, Сатурном и даже похожим на него Нептуном в ней наблюдается мало деталей, полос и вихрей. Возможно, причина в том, что на Уране очень холодно ( $-224^{\circ}\text{C}$ ) — даже холоднее, чем на более отдаленных Нептуне и Плутоне, хотя объяснения этому пока нет.

## ЛЕЖА НА БОКУ — ПО ОРБИТЕ

Уран вращается лежа на боку: его ось вращения наклонена на  $98^{\circ}$  к плоскости орбиты. Существует гипотеза, что однажды планета столкнулась с каким-то очень крупным телом, опрокинувшем ее набок.



△ Уран и его кольца, спутники, облака, ураганы и полярные сияния.  
Снимок космического телескопа «Хаббл»

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Планета Уран была названа по имени древнегреческого бога неба. Согласно мифологии, Уран находился под властью богов Солнца и Марса. Неслучайно поэтому символом планеты стало сочетание знаков звезды Солнца и красной планеты Марс: ♅.



△ Древнегреческий бог неба Уран

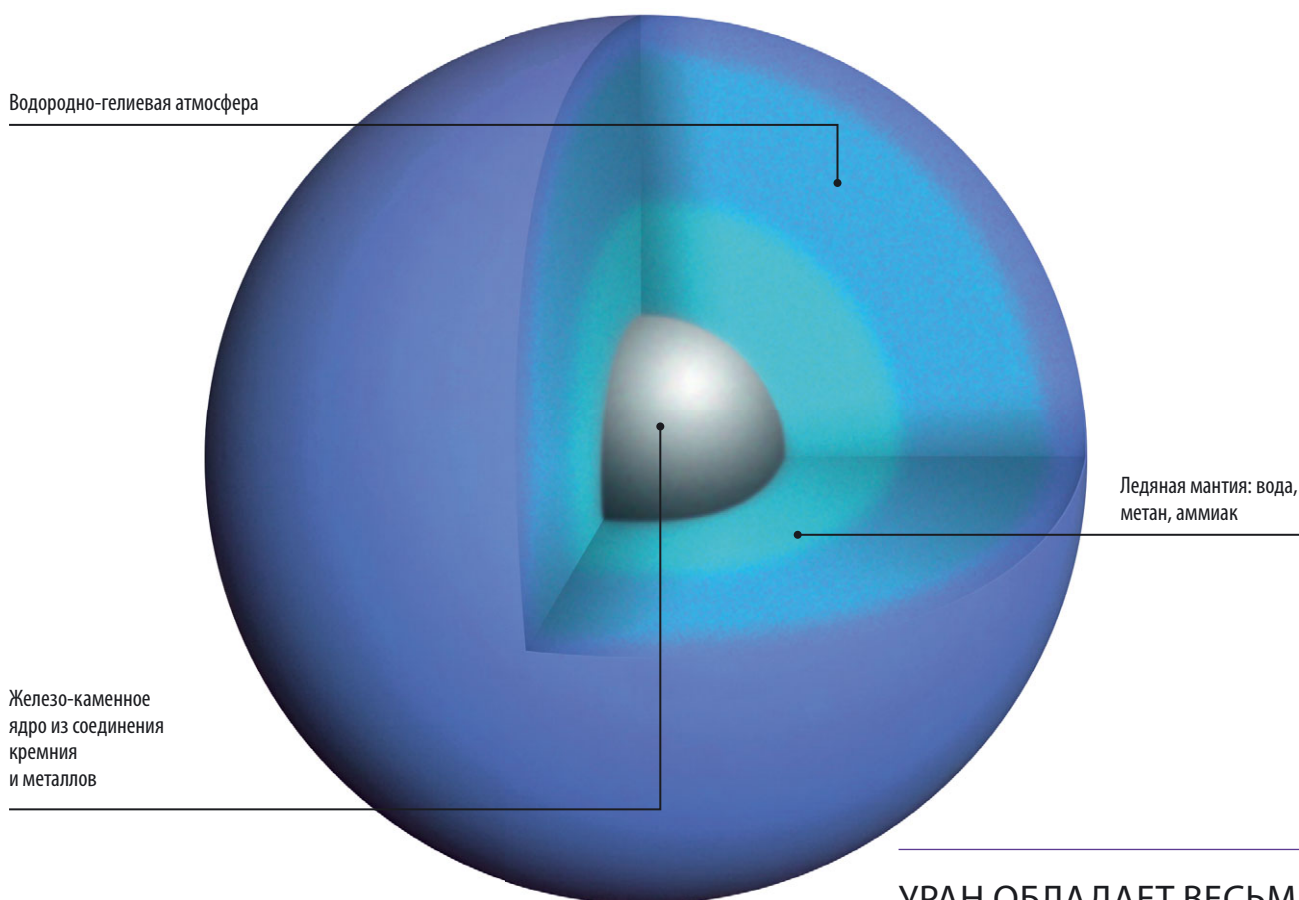
## СТРОЕНИЕ УРАНА: ГИГАНТ ИЗ ГОРЯЧЕГО ЛЬДА

Традиционная модель строения Урана предполагает наличие относительно небольшого железо-каменного ядра (20 % от радиуса) в 7 земных масс, ледяной мантии (60 % от радиуса) в 13,5 земной массы и водородно-гелиевой атмосферы (20 % от радиуса) в 0,5–1,5 земной массы.

Температура на границе ядра и мантии при колоссальном давлении может достигать 5000 К. Выше лежит мантия из так называемых льдов, которые не являются льдом в привычном смысле слова, а состоят из плотной и горячей жидкости, представляющей собой смесь воды, аммиака и метана. Этот океан водного аммиака должен обладать высокой электропроводностью.

По своему внутреннему строению Уран существенно отличается от Юпитера и Сатурна и благодаря преобладанию льдов над газами входит в подкатегорию ледяных гигантов. В недрах таких планет, в отличие от газовых гигантов, состоящих в основном из водорода и гелия, отсутствует металлический водород, но зато много льда (в его высокотемпературных модификациях). В Солнечной системе представителем класса ледяных гигантов является также Нептун. Предположительно, подобные объекты есть и среди открываемых в последнее время экзопланет, вращающихся вокруг других звезд.

▽ Строение Урана



### Планета парадоксов

Благодаря аномальному наклону оси вращения полярные области ледяного гиганта получают в течение года больше солнечной энергии, чем экваториальные. Тем не менее Уран теплее на экваторе, чем вблизи полюсов, и причины этого пока неизвестны.

**УРАН ОБЛАДАЕТ ВЕСЬМА СПЕЦИФИЧНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ, НАПРАВЛЕНИЕ КОТОРОГО НАКЛОНЕНО НА 59° ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛАНЕТАРНОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ.**

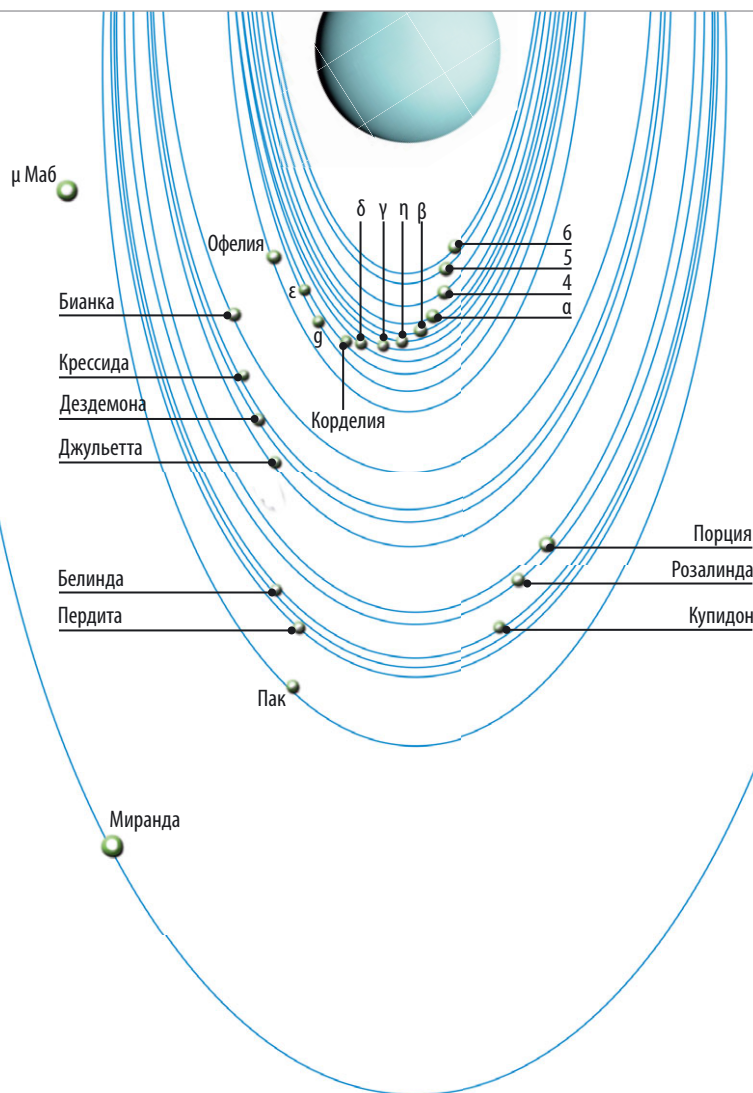
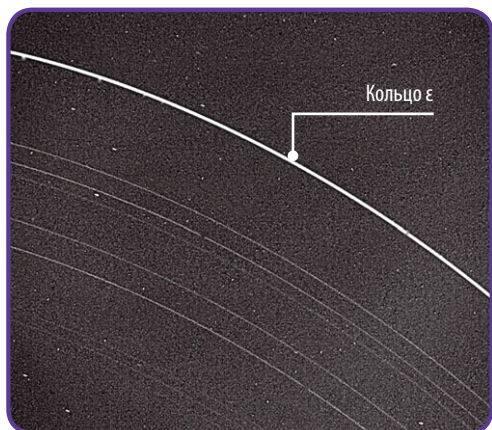
## КОЛЬЦА УРАНА

У Урана есть слабо выраженная система колец. Они были открыты 10 марта 1977 года с помощью наземных наблюдений. За 200 лет до того Уильям Гершель сообщал о наблюдениях колец у Урана, однако современные астрономы считают, что эти слабые и тусклые образования не могли быть обнаружены с помощью астрономического оборудования того времени.

### Количество и состав

Экспедиция «Вояджер-2» в 1986 году и последующие наблюдения космического телескопа «Хаббл» открыли свыше дюжины колец Урана. Более-менее крупных насчитывается 13, но между ними находятся еще и неполные дуги с пыльными полосами. Кольца ледяного гиганта состоят из довольно массивных для таких образований фрагментов водяного льда размером от нескольких сантиметров до десятков метров и в большинстве являются непрозрачными.

Выделяются 9 узких главных, 2 пылевых и 2 внешних кольца. Самое обширное и дальше имеет толщину всего лишь несколько километров при радиусе 98 000 км. Его возраст насчитывает около 600 млн лет, что совсем немного по космическим масштабам. Предполагается, что система колец Урана возникла в результате периодических столкновений нескольких его спутников.



△ Система колец Урана

### Что держит кольца

Значимой и все еще открытой проблемой остается определение неизвестного механизма, который удерживает рубежи колец. Если бы его не существовало, то эти границы постепенно бы размывались. Одну из самых популярных моделей механизма сдерживания предложили Петер Голдрайх и Скотт Тремэйн. Пара спутников-«пастухов» за счет гравитационного взаимодействия «отбирает» у кольца излишние или добавляет ему недостающие угловой момент либо энергию. Так «пастухи», которые должны иметь массу в 2–3 раза больше, чем у кольца, удерживают конструктивные частицы колец. Подобный механизм работает для кольца ε, которое «пасут» Корделия и Офелия. Корделия также является внешним «пастухом» для кольца δ, а Офелия — для γ.

◁ Внутренние кольца Урана: яркое внешнее кольцо ε и восемь других. Снимок АМС «Вояджер-2», сделанный 22 января 1986 года



## СПУТНИКИ УРАНА

В настоящее время известно 27 естественных спутников Урана. По сложившейся традиции все они получили названия в честь персонажей из произведений английских писателей Уильяма Шекспира и Александра Поупа. Такая традиция сложилась потому, что Уильям Гершель, открывший Уран, хотя и был немцем по происхождению, большую часть жизни провел в Англии.

Первые два спутника — Титанию и Оберон — открыл сам Гершель в 1787 году. Интересно, что в течение 50 лет спутники Урана не наблюдал никто, кроме Гершеля, поскольку только его телескопы обладали достаточными параметрами.

Ариэль и Умбриэль обнаружил Уильям Лассел в 1851 году. О Миранде известно с 1948 года. Эта пятерка — самые крупные спутники Урана, имеющие шарообразную форму. Остальные мелкие спутники неправильной формы были открыты после 1985 года АМС «Вояджер-2» и телескопами нового поколения.

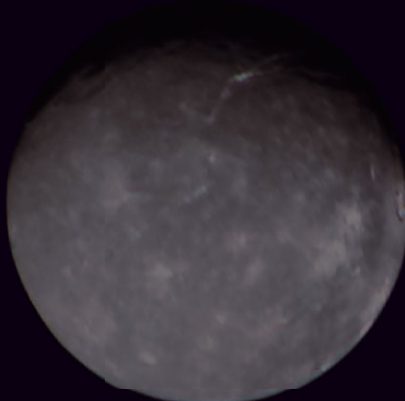


△ Уран (видна система колец) и его спутники. Снимок в ближней инфракрасной области спектра, сделанный в Паранальской обсерватории (Чили) 19 ноября 2002 года

Оберон



Титания



Умбриэль



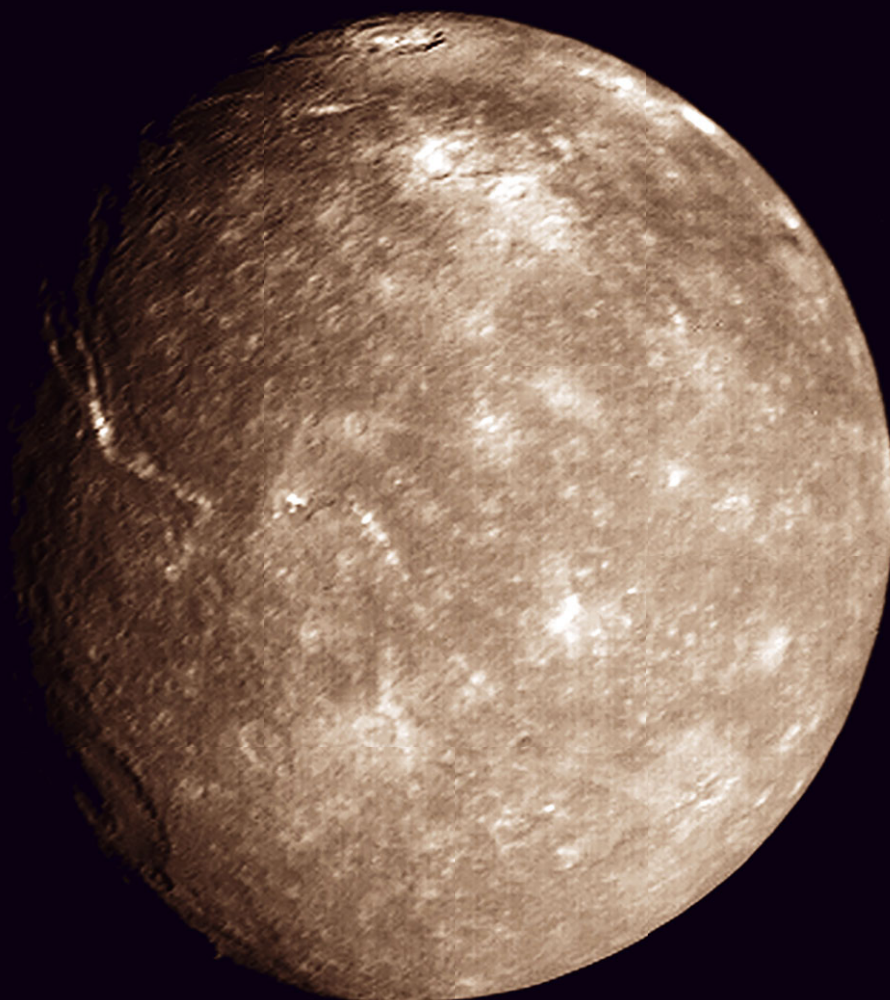
Ариэль



Миранда



△ Сравнительные размеры и яркость 5 самых крупных спутников Урана



### Титания

Это самый крупный спутник Урана, но его диаметр составляет всего 0,45 диаметра Луны — 1578 км. В Солнечной системе Титания — восьмой по величине спутник. В основном он состоит из водяного льда и замерзшего метана и только на 30 % из камня.

В январе 1986 года в 365 200 км от Титании пролетела АМС «Вояджер-2». Удалось изучить только южную, освещенную на тот момент Солнцем часть спутника (северная часть была погружена в полярную ночь).

Изученная часть ландшафта изрезана системой разломов и обрывов, являющихся результатом относительно недавней геологической активности. На поверхности много каньонов, представляющих собой опущенные участки между двумя параллельными разломами коры. Самый большой из них — каньон Мессина, достигающий почти 1500 км в длину и тянущийся от экватора почти до южного полюса. Этот каньон гораздо больше земного Большого каньона и сравним с долинами Маринер на Марсе.

△ Титания. Снимок АМС «Вояджер-2», сделанный в 1986 году

**ПОЛЯРНАЯ НОЧЬ  
НА ТИТАНИИ  
ДЛИТСЯ 42 ГОДА.**

# НЕПТУН

ПОСЛЕ ТОГО КАК ПЛУТОН СТАЛИ СЧИТАТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕМ КЛАССА КАРЛИКОВЫХ ПЛАНЕТ, НЕПТУН ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК САМАЯ ДАЛЬНЯЯ БОЛЬШАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ОН ОЧЕНЬ ПОХОЖ НА УРАН, НО АТМОСФЕРА ЗДЕСЬ НАМНОГО БОЛЕЕ АКТИВНА. ОБЛАЧНЫЕ ПОЛОСЫ И ВИХРИ — ЧАСТОЕ ЯВЛЕНИЕ НА ПЛАНЕТЕ. КРОМЕ ТОГО, НА НЕЙ ДУЮТ ЧРЕЗВЫЧАЙНО МОЩНЫЕ ВЕТРЫ СО СКОРОСТЬЮ ДО 600 КМ/Ч.

**Год:** 60 190 дней (164,8 года)

**Сутки:** 15 ч 57 мин 59 с

**Среднее расстояние от Солнца:**

4 503 443 661 км (30 а. е.)

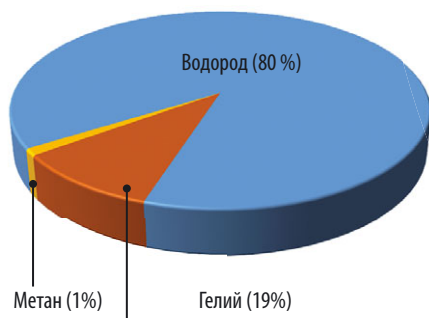
**Средний радиус:** 24 764 км (3,89 земного)

**Масса:**  $1,0243 \cdot 10^{26}$  кг (17,14 земной)

**Атмосфера:** состав — водород, гелий, метан

**Спутники:** 14; крупнейшие — Тритон, Нереида, Протей

▷ Состав атмосферы Нептуна

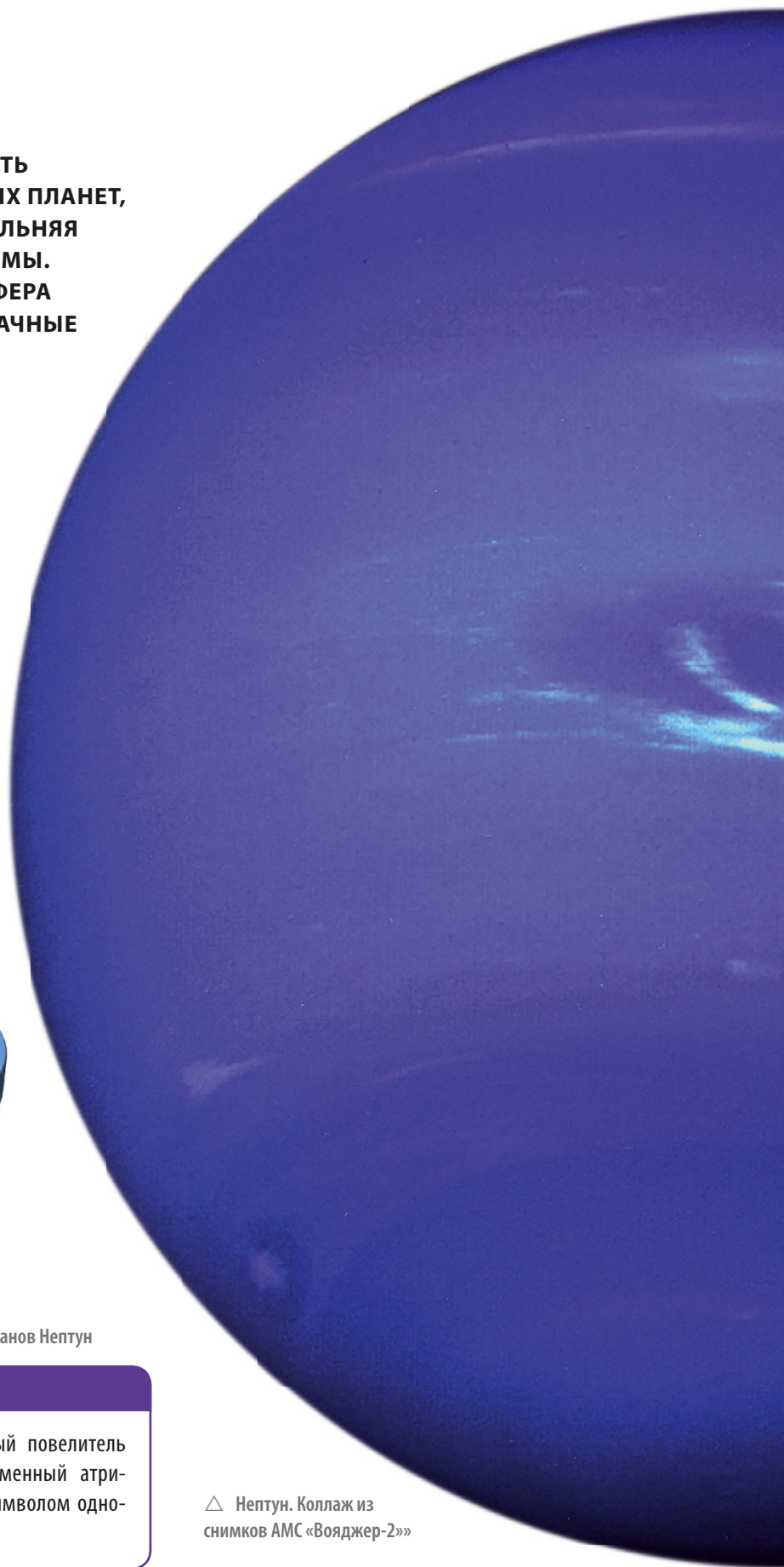
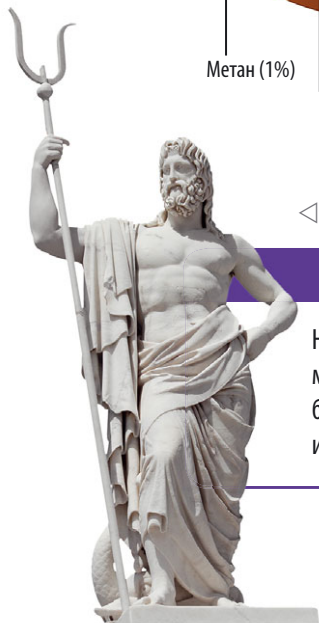


◁ Древнеримский бог морей и океанов Нептун

## ЭТО ИНТЕРЕСНО

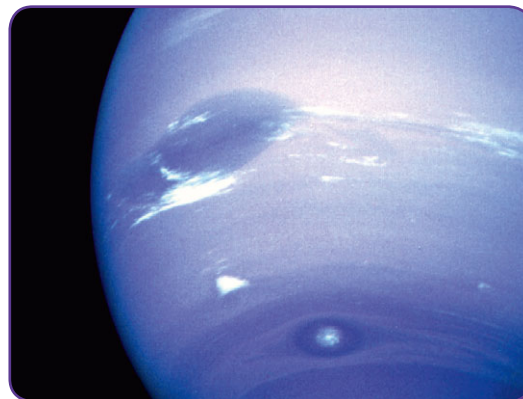
Нептун — широко известный повелитель морей и океанов. Его неизменный атрибут — трезубец — и стал символом одноименной планеты  $\Psi$ .

△ Нептун. Коллаж из снимков АМС «Вояджер-2»



## БОЛЬШОЕ ТЕМНОЕ ПЯТНО

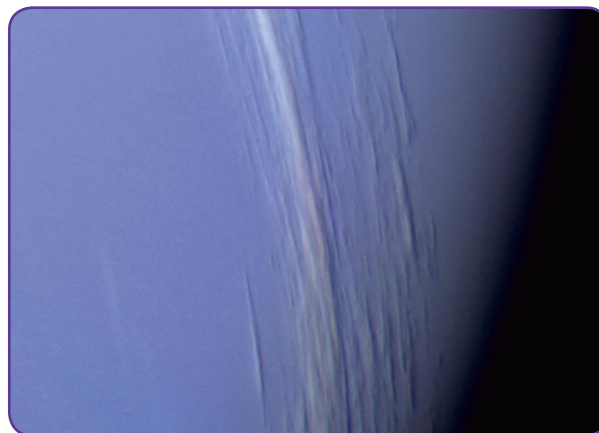
В 1989 году аппаратом НАСА «Вояджер-2» было открыто Большое Темное Пятно — устойчивый шторм-антициклон размером 13 000×6600 км. Этот атмосферный шторм напоминал Большое Красное Пятно Юпитера, и можно было ожидать от него такой же долгой жизни, но 2 ноября 1994 года космический телескоп «Хаббл», направленный на Нептун, не обнаружил этот интересный объект на прежнем месте. Вместо него новое похожее образование было замечено в северном полушарии планеты.



△ Большое Темное Пятно и другие образования на Нептуне. Снимок АМС «Вояджер-2»

## БУШУЮЩАЯ АТМОСФЕРА ЛЕДЯНОГО ГИГАНТА

Нептун похож на Уран и по размеру, и по массе, и по составу своей атмосферы, но его внутреннее тепло больше, чем у Урана. Вероятнее всего, именно более теплые недра планеты являются причиной того, что, в отличие от спокойной атмосферы Урана, в облачных слоях Нептуна наблюдаются весьма динамичные процессы.



△ Вертикальный рельеф облаков Нептуна. Снимок АМС «Вояджер-2»



◁ Сравнение размеров Нептуна и Земли

## ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ

По своему внутреннему строению Нептун похож на Уран. Примерно 10–20 % от общей массы планеты составляет атмосфера, состоящая из водорода, гелия и метана. Поглощение красного света метаном является причиной того, что атмосфера Урана и Нептуна имеет синий оттенок.

Под слоем атмосферы, на глубине 7000 км, условия таковы, что метан разлагается на алмазные кристаллы, которые падают на ядро. Одна из гипотез говорит о целом океане алмазной жидкости. Ядро Нептуна состоит из железа, никеля и силикатов и, предположительно, имеет массу в 1,2 раза больше, чем у Земли. Давление в центре достигает 7 Мбар, то есть примерно в 7 млн раз больше, чем на поверхности Земли. Температура в центре, возможно, достигает 5400 К.

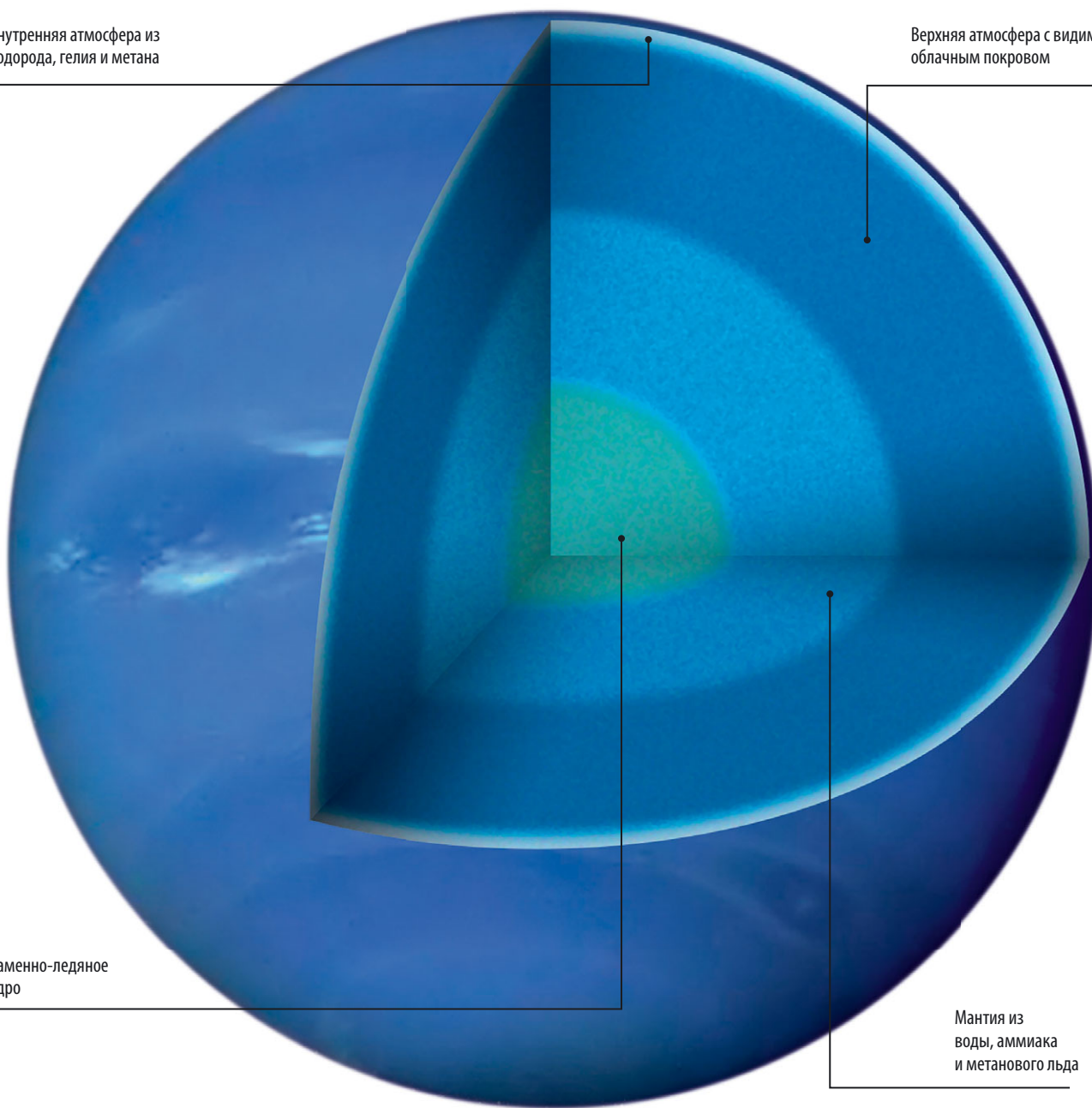
▽ Предположительное строение Нептуна

Внутренняя атмосфера из водорода, гелия и метана

Верхняя атмосфера с видимым облачным покровом

Каменно-ледяное ядро

Мантия из воды, аммиака и метанового льда

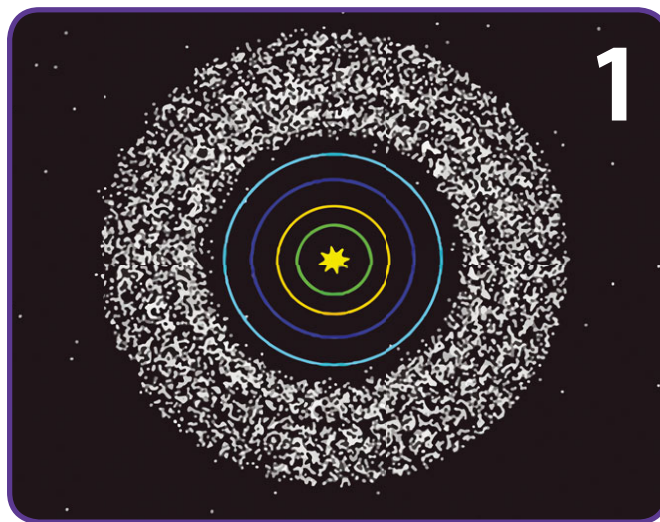


## МИГРАЦИЯ ЛЕДЯНЫХ ГИГАНТОВ

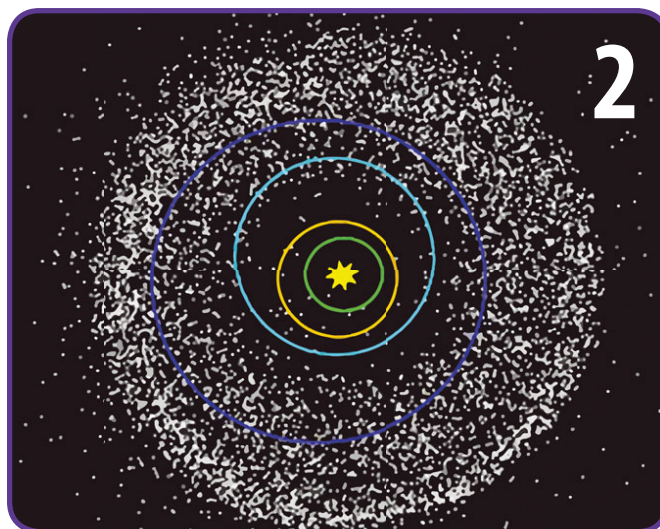
Современные модели формирования Солнечной системы показывают, что вблизи орбит Урана и Нептуна плотность протопланетного облака была недостаточна для их формирования. По одной из гипотез, эти планеты сформировались ближе к Солнцу, причем Уран был дальше от него, чем Нептун. Впоследствии в результате гравитационных взаимодействий с Юпитером и Сатурном ледяные гиганты были отброшены дальше, как и основная часть Пояса Койпера, а Юпитер, наоборот, приблизился к Солнцу. Происходило это спустя 500–600 млн лет после формирования Солнечной системы (4 млрд лет назад). Миграция планет-гигантов положила начало периоду тяжелой метеоритной бомбардировки многочисленными телами, отброшенными к Солнцу из Пояса Койпера. Этот период длился несколько сотен миллионов лет, и его последствия видны до сих пор на поверхности геологически неактивных тел Солнечной системы, таких как Луна или Меркурий, в виде многочисленных кратеров ударного происхождения.

### Смена сезонов на Нептуне

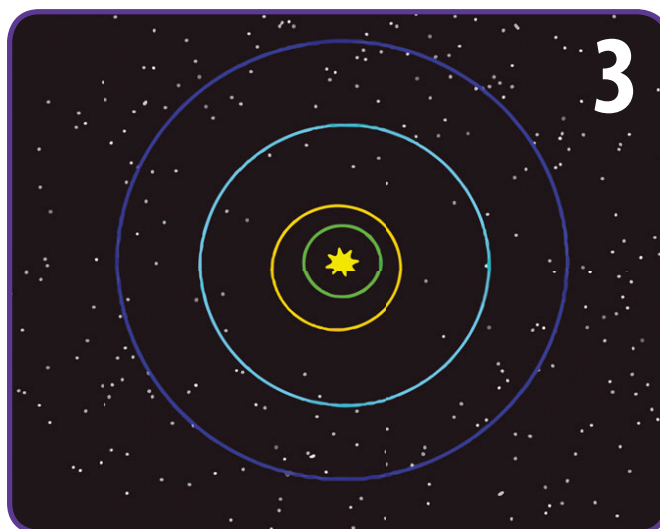
Год на Нептуне длится 165 земных лет. Так, в 1960-х годах в южное полушарие планеты пришла весна, в 2005 году здесь началось астрономическое нептунское лето. Наблюдения телескопа «Хаббл» показывают, что поверхность планеты стала заметно ярче. Вместе с тем резко возросла концентрация ярко-белых облаков в южном полушарии и существенно повысилась грозовая активность, породившая новые атмосферные штормы и циклоны. Это доказывает, что погода на Нептуне, так же как и на нашей планете, определяется сезонными изменениями, несмотря на то что освещенность его Солнцем в 900 раз слабее, чем Земли.



△ Модель внешних планет и Пояса Койпера до начала миграции Урана и Нептуна



△ Рассеяние объектов Пояса Койпера в Солнечной системе после изменения орбиты Нептуна



△ Модель после выбрасывания тел Пояса Койпера Юпитером

## СПУТНИКИ И КОЛЬЦА НЕПТУНА

В настоящий момент известно 14 спутников Нептуна. О существовании крупнейшего из них, Тритона, стало известно всего через 17 дней после открытия самой планеты в 1846 году английским астрономом Уильямом Ласселом. Спустя 102 года, в 1949 году, Джерард Койпер открыл второй спутник Нептуна — Нереиду. Следующие шесть обнаружил в 1989 году «Вояджер-2», а еще о пяти спутниках человечество узнало в 2002–2003 годах, и, наконец, последний, пока не имеющий официального названия, был открыт в 2013 году.

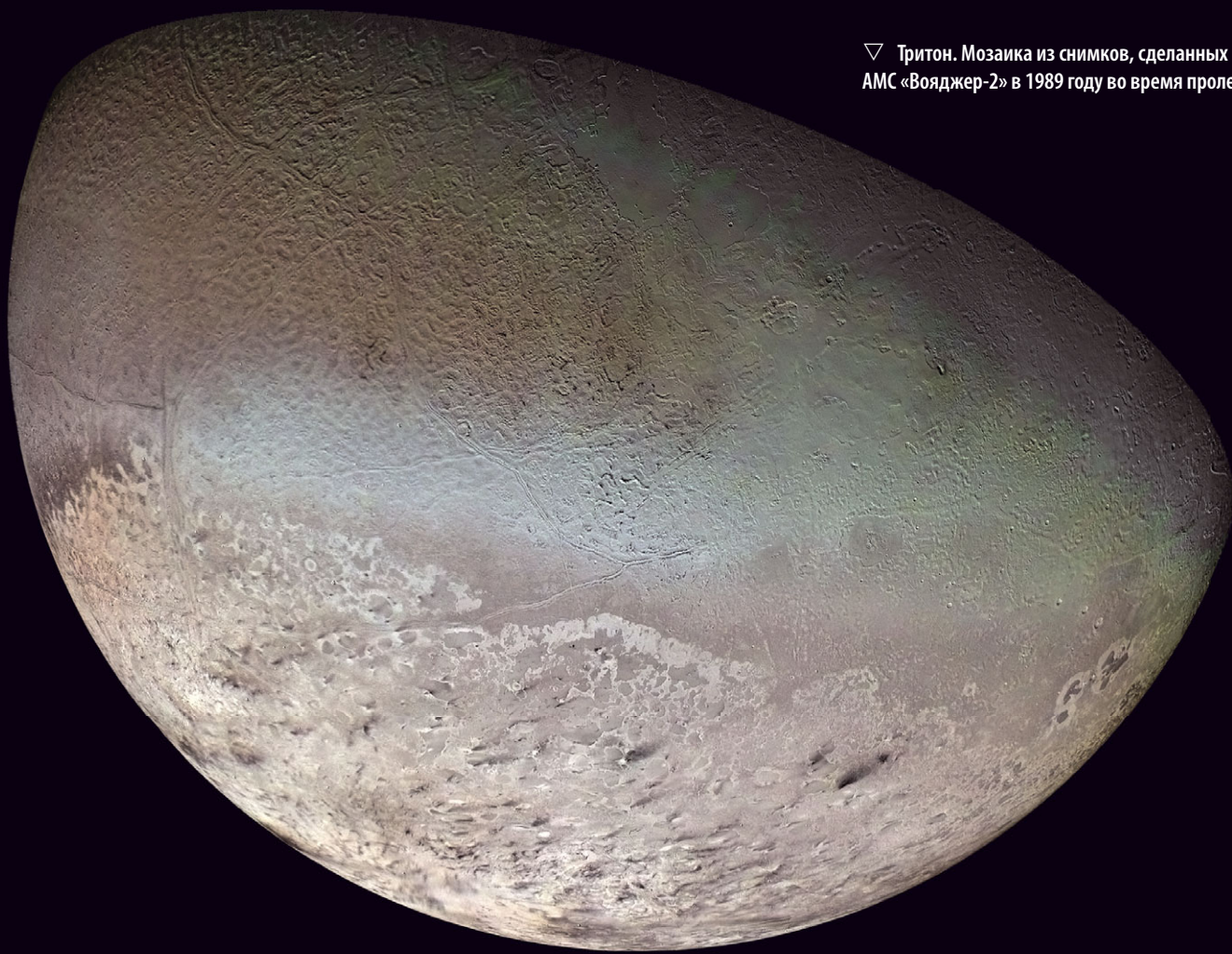
### Тритон

Из всех спутников Нептуна Тритон один имеет шарообразную форму и самые крупные размеры — его диаметр составляет 2706 км. В Тритоне сосредоточено более 99,5 % массы всех спутников Нептуна.

На Тритоне заметны следы геологической активности, присутствует криовулканизм — специфическое явление, наблюдаемое на холодных небесных телах. Вместо расплавленной лавы криовулканы извергают воду, аммиак и метан — как в жидком, так и в газообразном состоянии.

Орбита Тритона необычна для крупных спутников — он вращается вокруг Нептуна в направлении, противоположном осевому вращению самой планеты. Это дает основание предположить, что когда-то Тритон был карликовой планетой или спутником другой планеты и впоследствии захвачен Нептуном.

У Тритона имеется разреженная атмосфера, состоящая из азота с незначительной примесью метана. Ее плотность в 20 000 раз меньше, чем у земной атмосферы.



▽ Тритон. Мозаика из снимков, сделанных АМС «Вояджер-2» в 1989 году во время пролета

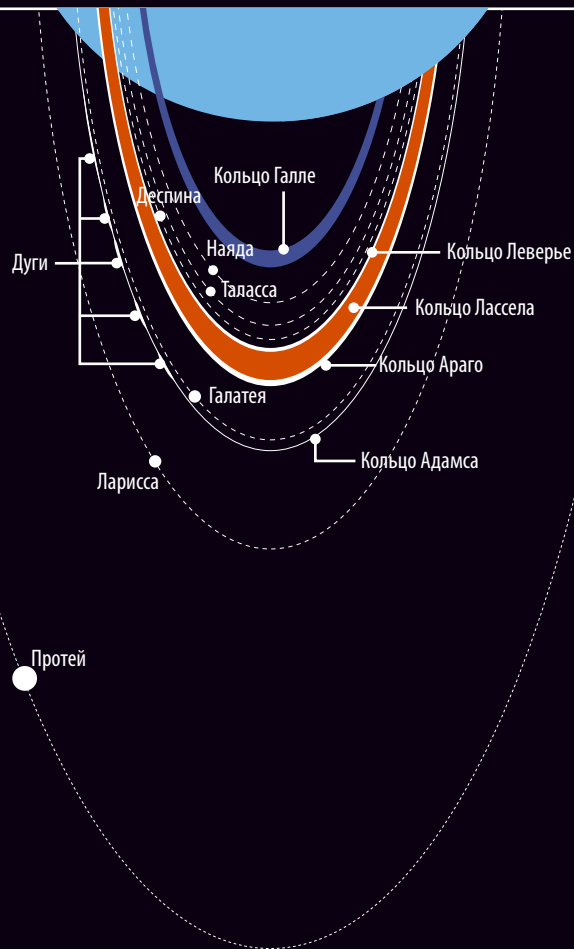
### Кольца Нептуна

Как и у всех планет-гигантов, у Нептуна есть система колец, достаточно слабых.

Считается, что в течение 10–100 млн лет у Нептуна появится еще одно кольцо — после разрушения Тритона, который медленно приближается к планете и обречен на разрыв гравитационными силами Нептуна. Новое кольцо, как показывают расчеты, будет более мощным, чем нынешние.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

Интересна система наименований колец Нептуна. Они получили имена астрономов, которые изучали планету, но не были причастны к открытию самих колец, произошедшему в 1968 году. Так появились кольца Адамса, Галле, Леверье, Араго и Лассела.



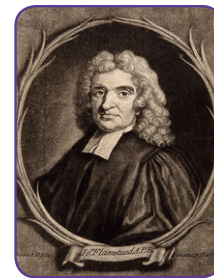
△ Схема колец и орбит спутников Нептуна

▽ Вид на Нептун с Тритона в представлении художника





# ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛУБЫХ ПЛАНЕТ



◀ Джон Флемстид

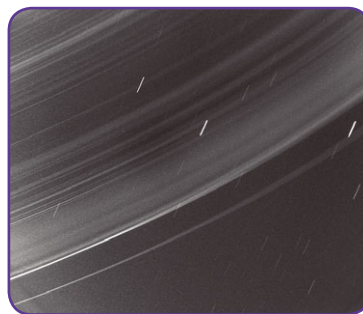
**СНАЧАЛА ЛЮДЯМ БЫЛО ИЗВЕСТНО О СУЩЕСТВОВАНИИ ПЯТИ ПЛАНЕТ. УРАН И НЕПТУН НАБЛЮДАЛИ В ТЕЛЕСКОП, НО СЧИТАЛИ ИХ ЗВЕЗДАМИ. ОТКРЫТИЕ ИХ ПЛАНЕТНОЙ ПРИРОДЫ СТАЛО ВАЖНОЙ ВЕХОЙ В РАЗВИТИИ НАУКИ. АСТРОНОМЫ ПРОДОЛЖАЛИ ИСКАТЬ НА НЕБЕ НОВЫЕ ПЛАНЕТЫ. БЫЛО НАЙДЕНО МНОЖЕСТВО БОЛЕЕ МЕЛКИХ МИРОВ, ВКЛЮЧАЯ ПЛУТОН. СЕГОДНЯ ОНИ КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ КАК АСТЕРОИДЫ, КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ ИЛИ ОБЪЕКТЫ ПОЯСА КОЙПЕРА.**

▶ 1612

Наблюдая спутники Юпитера, Галилео Галилей делает зарисовку Нептуна, находящегося за Юпитером, считая его звездой. Если бы ученый заметил его движение, то открыл бы планету задолго до Урана — раньше на 230 лет.

▶ 1690

Первый королевский астроном Джон Флемстид вносит Уран в свой каталог звезд под номером 34. Планету астрономы замечали и ранее 22 раза, но принимали за звезду.



▷ Персиваль Лоуэлл в своей обсерватории в Аризоне

◀ Внутренние кольца Урана. Снимок АМС «Вояджер-2»



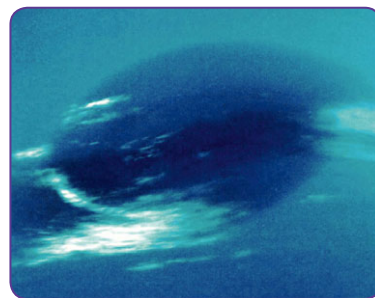
◀ 1977

Астрономы на передвижной обсерватории над Тихим океаном наблюдали далекую звезду, исчезающую за Ураном, которая тускнела 5 раз. Они пришли к выводу, что планета должна иметь множество темных очень узких колец, которые блокируют свет звезды.

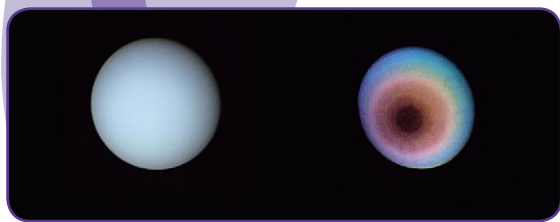
◀ 1906

Астрономы предположили, что Уран и Нептун находятся под воздействием притяжения другой планеты. Бостонский бизнесмен Персиваль Лоуэлл, создавший обсерваторию в Аризоне для исследования каналов на Марсе, начал искать планету X.

▷ Большое Темное Пятно на Нептуне. Снимок АМС «Вояджер-2»



◀ Естественный (слева) и фальшивый цвет Урана



▶ 1986

АМС «Вояджер-2» прислала на Землю первые крупномасштабные изображения Урана, показывающие 11 темных колец и 10 ранее неизвестных спутников, и зафиксировала искаженную поверхность спутника Миранда с высокими скалами и кратерами.

▶ 1989

АМС «Вояджер-2» показала суровую погоду на Нептуне с ускоряющимися облаками и зафиксировала Большое Темное Пятно. Было подтверждено, что Нептун имеет множество темных колец.



◁ Уильям Гершель

▶ 1781

Английский астроном Уильям Гершель обнаружил в телескоп новый объект, сначала приняв его за комету. Когда астрономы вычислили его орбиту, стало ясно, что Гершель первым открыл планету Уран.

▷ Модель телескопа, с помощью которого Уильям Гершель открыл Уран и его спутники



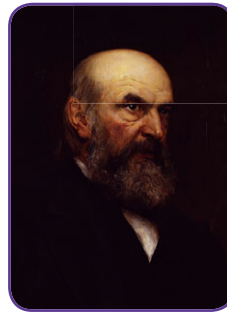
▶ 1787

С помощью большого телескопа Гершель обнаружил два спутника Урана — Титанию и Оберон. Ученый отметил, что их орбиты находятся под значительным углом, что свидетельствует о наклоне планеты.



◁ Берлинская обсерватория

▷ Джон Кауч Адамс

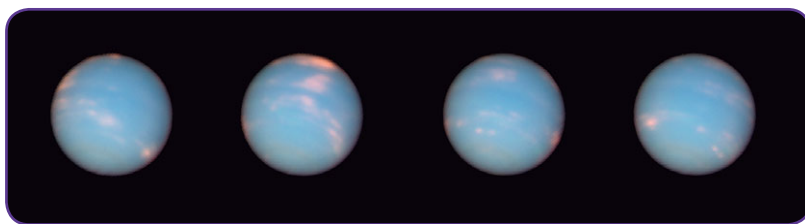


◁ 1846

Французский астроном Урбен Жан Жозеф Леверье вслед за Адамсом пришел к выводу о существовании планеты, влияющей на Уран. Он направил свое исследование в Берлинскую обсерваторию. В первую же ночь наблюдений астроном Иоганн Готтфрид Галле увидел Нептун.

◁ 1843

Астрономы обнаружили, что Уран отклоняется от своей орбиты, вероятно, под действием притяжения неизвестной планеты. Математик Джон Кауч Адамс вычислил местоположение объекта, влияющего на движение Урана.



◁ Снимки четырех сторон Нептуна, сделанные космическим телескопом «Хаббл» в 2011 году. Большое Темное Пятно отсутствует

▶ 1994

Космический телескоп «Хаббл» зафиксировал исчезновение Большого Темного Пятна на Нептуне. Как оказалось, это было временное погодное явление, в отличие от Большого Красного Пятна, наблюдаемого на Юпитере вот уже 300 лет.

▶ 2005

Сделанные телескопом «Хаббл» изображения с длинной экспозицией показали два слабых кольца вокруг Урана, расположенные дальше известной кольцевой системы. Внешнее кольцо состоит из пыли, выброшенной со спутника Маб, а второе может быть остатком разбившегося при столкновении спутника.

# ПЛУТОН P

**В 2006 ГОДУ УЧЕНЫЕ ЛИШИЛИ ПЛУТОН СТАТУСА ПЛАНЕТЫ, ПЕРЕВЕДЯ ЕГО В ГРУППУ КАРЛИКОВЫХ ПЛАНЕТ. ОТЛИЧИЕ ПОСЛЕДНИХ ОТ АСТЕРОИДОВ — ПРАВИЛЬНАЯ ШАРООБРАЗНАЯ ФОРМА, А ОТ ПЛАНЕТ — НЕСПОСОБНОСТЬ ОЧИСТИТЬ СВОИМ ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЕМ ОКРЕСТНОСТИ ОРБИТЫ ОТ ДРУГИХ КРУПНЫХ ТЕЛ.**

**Год:** 90 613 дней (248 лет)

**Сутки:** 6,4 дня

**Среднее расстояние от Солнца:**  $5,9 \cdot 10^9$  км (39,5 а. е.)

**Средний радиус:** 1153 км (0,18 земного)

**Масса:**  $(1,305 \pm 0,007) \cdot 10^{22}$  кг (0,00218 земной)

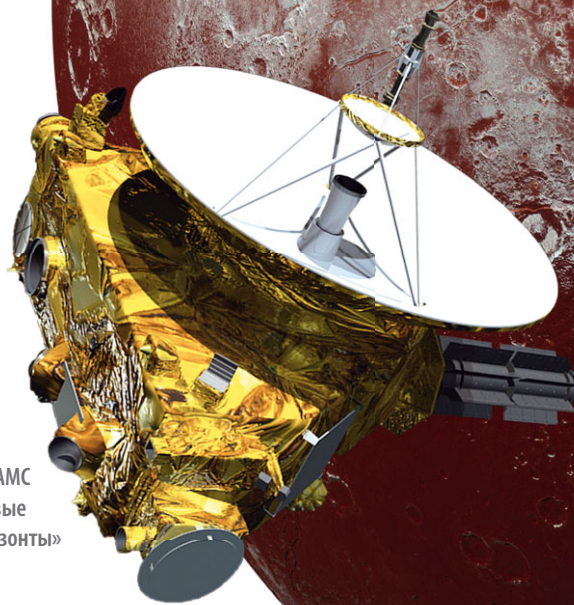
**Атмосфера:** состав — азот, метан

**Спутники:** Харон, Никта, Гидра, Кербер и Стикс

## ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ

В начале XX века ученые искали планету X, ответственную за все еще остававшиеся необъясненными неправильности в движении Урана. В результате 13 марта 1930 года в окрестностях предсказанного участка неба был открыт Плутон. Впоследствии оказалось, что он слишком мал, чтобы влиять на Уран, да и отклонения в орбите последнего получили другое объяснение — была неверно определена масса Нептуна.

▷ АМС «Новые горизонты»



### ▶ 1915

Американский астроном Персиваль Лоуэлл теоретически предсказал существование Плутона.

### ▶ 1930

Американский астроном Клайд Томбо открыл Плутон.

### ▶ 1978

Американский астроном Джеймс Кристи открыл крупнейший спутник Плутона — Харон.

▷ Земля и Луна,  
Плутон и Харон  
в едином масштабе



Луна



Плутон



Харон



Земля

## ПЛУТОН ГЛАЗАМИ АППАРАТА «НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

«Новые горизонты» — автоматическая межпланетная станция НАСА, запущенная для изучения Плутона и его спутника Харона. Запуск был осуществлен 19 января 2006 года, а 14 июля 2015 года аппарат пролетел на расстоянии около 12 500 км от поверхности Плутона. За 9 дней наблюдений было собрано примерно 50 Гбит информации. Передача этих данных продолжалась до 25 октября 2016 года. Следующей целью «Новых горизонтов» должен стать астероид Пояса Койпера 2014 MU — 1 января 2019 года планируется пролет аппарата вблизи объекта.

### Панорама Плутона

Это красочное изображение было получено 14 июля 2015 года во время максимального сближения АМС «Новые горизонты» с Плутоном. Оно составлено из снимков, сделанных в синей, красной и инфракрасной области спектра.

Поражает удивительное разнообразие цветов и форм рельефа этой карликовой планеты. Детали поверхности, несомненно, имеют разный возраст. Многие из них, вероятно, возникли относительно недавно по геологическим меркам, что свидетельствует о геологической активности даже в таком холодном мире.

### ▷ 2006

Международный астрономический союз переклассифицировал Плутон как карликовую планету; астрономы обнаружили более 1000 подобных ледяных объектов за орбитой Нептуна.

### ▷ 2015

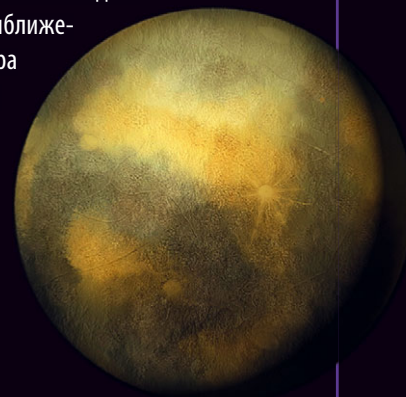
Автоматическая межпланетная станция «Новые Горизонты» совершила пролет возле Плутона.

## НЕПРАВИЛЬНАЯ ПЛАНЕТА

Как считают теперь подавляющее большинство ученых, Плутон случайно оказался вблизи того места, где искали планету X. Поначалу его размеры и масса оценивались как схожие с Землей, но постепенно стало понятно, что Плутон меньше даже Луны. Орбита Плутона тоже не похожа на орбиты других планет: она сильно вытянута и имеет большое наклонение к плоскости эклиптики. Периодически Плутон оказывается ближе к Солнцу, чем Нептун: такой период, в частности, продолжался с 7 февраля 1979 года по 11 февраля 1999 года. Периоды обращения Нептуна и Плутона находятся в резонансе: на три оборота Нептуна приходится два оборота Плутона. Благодаря этому резонансу, а также разному наклонению орбит Нептуна и Плутона не сталкиваются и не проходят друг от друга ближе чем на расстоянии 17 а. е.

### ЭТО ИНТЕРЕСНО

За 248 земных лет своего годичного обращения вокруг Солнца Плутон то обретает, то практически теряет азотную атмосферу. При отдалении от светила она постепенно замораживается и оседает на поверхности. При приближении к Солнцу температура на Плуtone существенно повышается и позволяет сублимировать льды, превращая их в газы.



▷ Атмосфера Плутона.  
Снимок космического телескопа «Хаббл»



## ДВОЙНАЯ СИСТЕМА

Диаметр спутника Плутона Харона равен около 1200 км, что лишь в два раза меньше диаметра Плутона. Расстояние между их центрами — около 19 600 км, а общий центр масс системы лежит вне Плутона. Некоторые астрономы определяют их как двойную планету.

◁ Харон. Снимок, сделанный АМС «Новые горизонты» 14 июля 2015 года незадолго до максимального сближения со спутником Плутона (цвета частично искусственные)





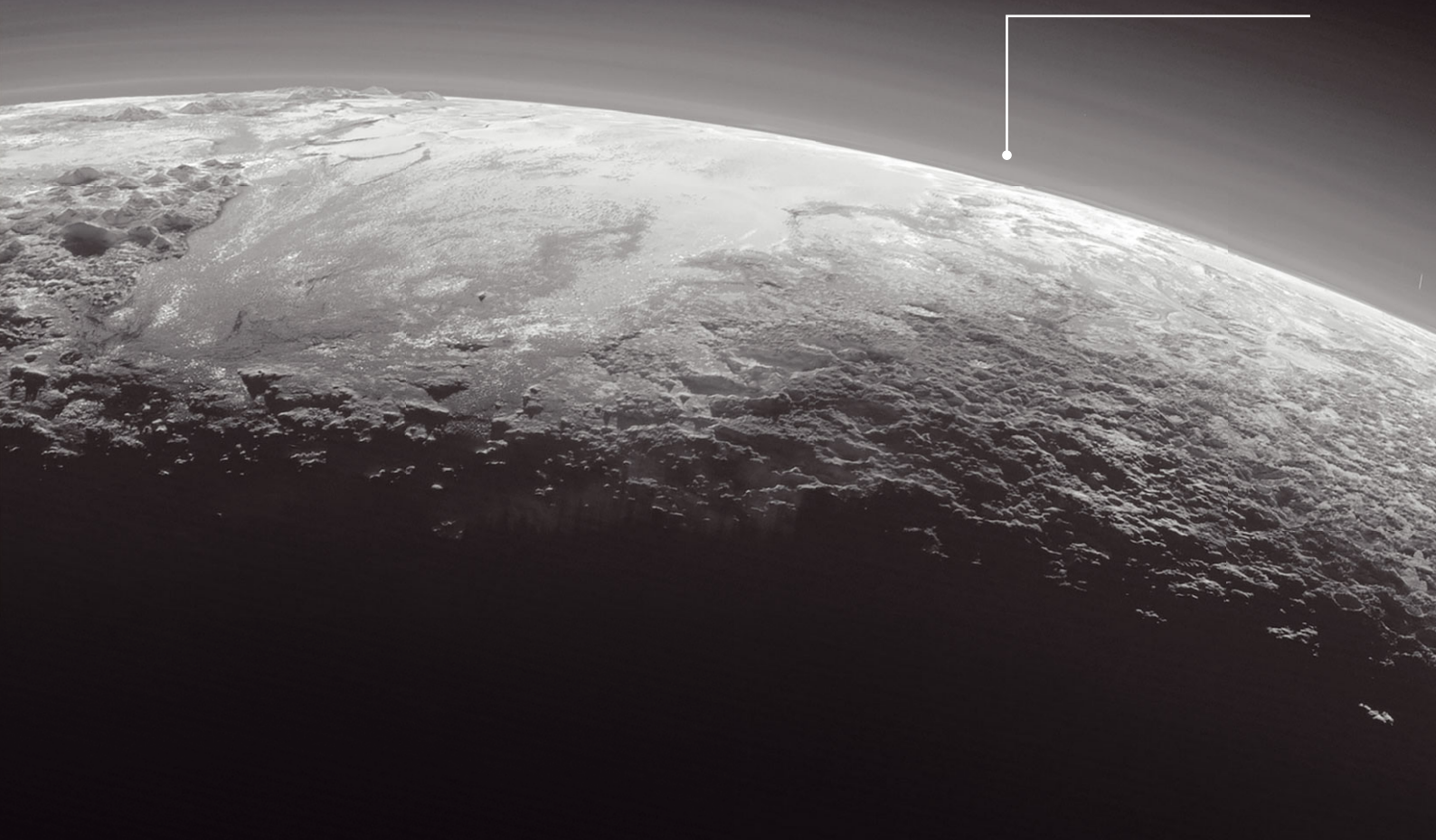
◀ Спутники Плутона в сравнении. Коллаж из снимков АМС «Новые горизонты»

## ◎ СПУТНИКИ ПЛУТОНА

На фоне части поверхности Харона показаны (см. снимок вверху) четыре других небольших спутника Плутона: Стикс, Никта, Кербер и Гидра. Никта и Гидра почти одинаковы — имеют приблизительно 40 км в наибольшем поперечнике. Размеры Кербера и Стикса меньше и составляют примерно 10–12 км.

## Атмосфера ледяной планеты

На этом изображении, полученном через 15 мин после максимального сближения АМС «Новые горизонты» с Плутоном, видны ледяные равнины и горы, освещенные заходящим Солнцем, которое подсвечивает и разреженную атмосферу Плутона, подчеркивая ее слоистую структуру.



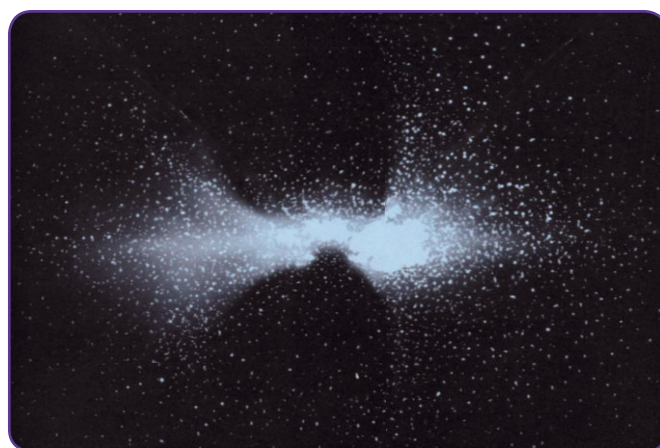
# ПОЯС КОЙПЕРА

**ПОЯС КОЙПЕРА — ПОЯС МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОТ ОРБИТЫ НЕПТУНА (30 А. Е. ОТ СОЛНЦА) ДО РАССТОЯНИЯ ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО 55 А. Е. ОТ СОЛНЦА. ОН ПОХОЖ НА ГЛАВНЫЙ ПОЯС АСТЕРОИДОВ, НО ПРИМЕРНО В 20 РАЗ ШИРЕ И В 200 РАЗ МАССИВНЕЕ. КАК И ПОЯС АСТЕРОИДОВ, ОН ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ОСТАТОК ВЕЩЕСТВА, ИЗ КОТОРОГО ФОРМИРОВАЛАСЬ СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.**

## ОБЪЕКТЫ ПОЯСА КОЙПЕРА

В отличие от астероидов Главного пояса, которые в основном состоят из горных пород и металлов, объекты Пояса Койпера состоят преимущественно из летучих веществ (называемых льдами), таких как метан, аммиак и вода. Пояс содержит как минимум четыре карликовые планеты: Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эриду. Предположительно, некоторые спутники планет Солнечной системы, например Тритон Нептуна и Феба Сатурна, также возникли в этой области.

Существование Пояса Койпера было подтверждено в 1992 году. Известно более 1000 его объектов. Считается, что еще более 70 000 объектов с диаметром более 100 км пока не обнаружены.



△ Пояс Койпера

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КРУПНЕЙШИХ ОБИТАТЕЛЕЙ ПОЯСА КОЙПЕРА

Название	Экваториальный диаметр, км	Перигелий, а. е.	Афелий, а. е.	Период обращения вокруг Солнца, лет	Открыт, год
Эрида	2330	38,16	97,52	559	2003
Плутон	2390	29,57	49,32	248	1930
Макемаке	1500	38,22	52,75	307	2005
Хаумеа	~1500	34,83	51,55	284	2005
Харон	1207	29,57	49,32	248	1978
2007 OR	875–1400	33,60	101,00	553	2007
Кварар	~1100	41,93	45,29	288	2002
Орк	946,3	30,39	48,05	246	2004
2002 AW	940	41,00	53,30	323	2002
Варуна	874	40,48	45,13	280	2000
Иксион	822	30,04	49,36	250	2001
2002 UX	681	36,70	48,60	278	2002

## ЭТО ИНТЕРЕСНО

Первым доказательством существования Пояса Койпера стало открытие в 1992 году астрономами Дэвидом Джуиттом и Джеймом Лу из Гавайского университета с помощью новых мощных телескопов довольно слабого объекта в виде 200-километрового ледяного шара, вращающегося вокруг Солнца на расстоянии около 7,5 млрд км. В течение следующих лет обнаружили еще несколько сотен подобных объектов, что сыграло свою роль в понижении планетного статуса Плутона и отнесении его к сообществу малых планет Пояса Койпера.

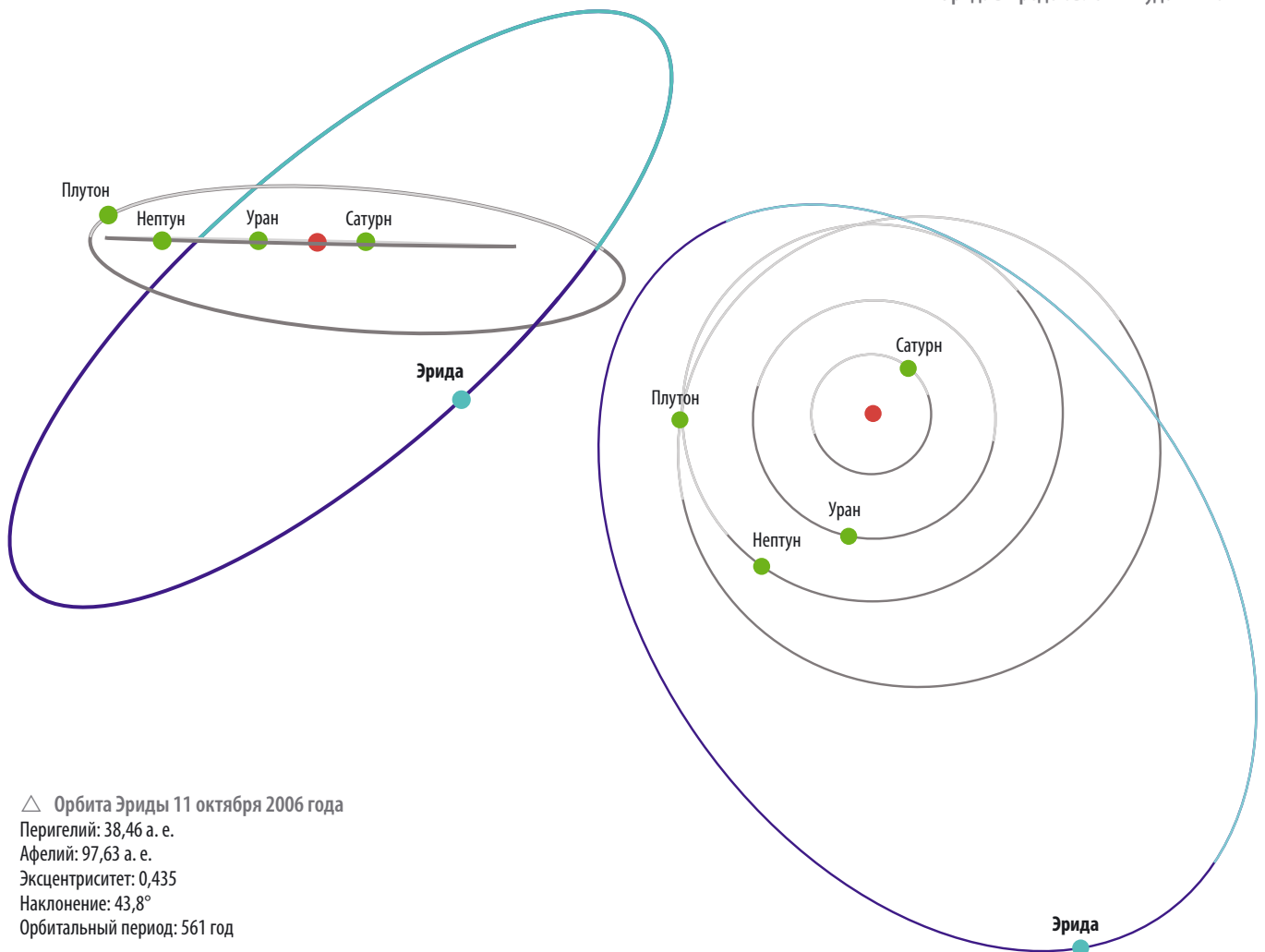
## ЭРИДА

В настоящий момент Эрида считается второй после Плутона по диаметру, первой по массе и самой далекой от Солнца карликовой планетой. Некоторое время предполагали, что она превосходит размерами Плутон. Согласно данным АМС «Новые горизонты», Плутон все-таки крупнее.

Двигаясь по сильно вытянутой орбите, Эрида прошла афелий (наиболее удаленную от Солнца точку) в марте — апреле 1977 года и сейчас приближается к Солнцу. По состоянию на 2012 год Эрида находилась в 96,5 а. е. (14,5 млрд км) от Солнца, и солнечный свет шел до нее более 13 ч.



△ Эрида в представлении художника





# КОМЕТЫ

**КОМЕТА (С ДР.-ГРЕЧ. «ВОЛОСАТЫЙ», «КОСМАТЫЙ») — НЕБОЛЬШОЕ НЕБЕСНОЕ ТЕЛО, СОСТОЯЩЕЕ ИЗ КАМЕННО-ЛЕДЯНОГО ЯДРА И ГАЗОПЫЛЕВОЙ ОБОЛОЧКИ И ОБРАЩАЮЩЕЕСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ПО СИЛЬНО ВЫТЯНУТОЙ ОРБИТЕ. ПРИ ПРИБЛИЖЕНИИ К СОЛНЦУ ОБРАЗУЕТСЯ КОМА (ИЛИ ГОЛОВА КОМЕТЫ — ТУМАННАЯ ОБОЛОЧКА ВОКРУГ ЯДРА, СОЗДАННАЯ ИСПАРЯЮЩИМИСЯ ГАЗАМИ) И ИНОГДА ХВОСТ ИЗ ГАЗА И ПЫЛИ.**



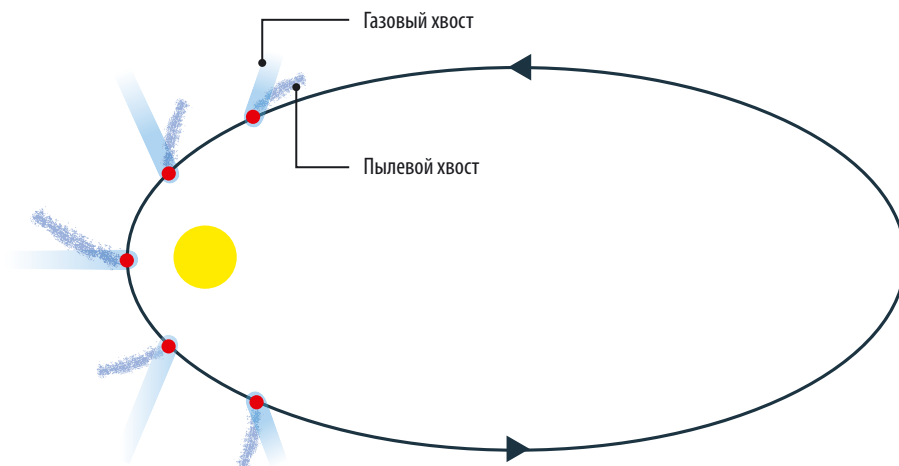
## ХВОСТЫ КОМЕТЫ

Хвостов у кометы может быть несколько. Чаще всего их два — газовый (ионный) и пылевой. Газовый хвост обычно прямой и направлен в точности в противоположную от Солнца сторону. Ультрафиолетовое излучение Солнца ионизирует часть молекул газов, и давление солнечного ветра, представляющего собой поток испускаемых Солнцем заряженных частиц, толкает ионы, вытягивая кому в длинный хвост. Частицы пыли ведут себя иначе. Пылевой хвост может отклоняться от направления, противоположного Солнцу. На кометную пыль солнечный ветер почти не действует, ее выталкивает из комы давление солнечного света. Пыль разгоняется светом гораздо слабее, чем ионы солнечным ветром. Она отстает от ионного хвоста и формирует изогнутые в направлении орбиты хвосты. Ионный хвост обычно прямой и светится голубоватым или зеленоватым светом. Пылевые хвосты имеют желтоватую или красноватую окраску.

△ Полет кометы над Землей — это невероятно красивое зрелище

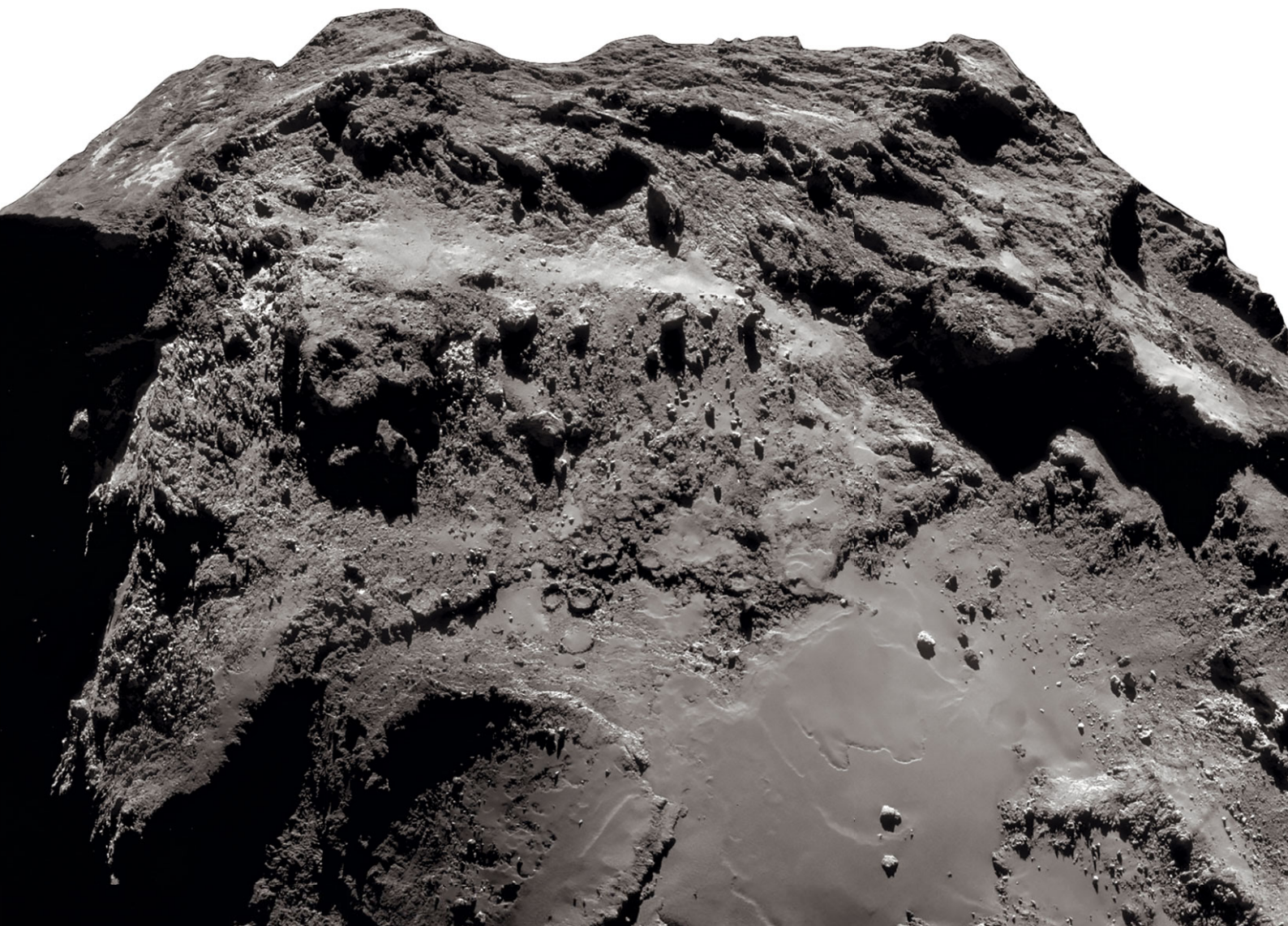
## ИЗУЧЕНИЕ КОМЕТ

Как археологи раскапывают артефакты из далекого прошлого, восстанавливая историю земной цивилизации, так и астрономы, изучая кометное вещество, надеются заглянуть в далекое время рождения Солнечной системы. Существует даже гипотеза, что химические реакции на поверхности кометных ядер под воздействием космической радиации могли бы быть причиной появления в первичной земной атмосфере органических соединений, ставших основой для зарождения жизни. Все это служит поводом для разработки проектов изучения комет с помощью космических аппаратов. К кометам уже было осуществлено 12 миссий.



△ Кометы обращаются вокруг Солнца по вытянутым эллиптическим орбитам

▽ Вид кометы Чурюмова — Герасименко с посадочного модуля «Филы»  
Впервые в истории человечества 12 ноября 2014 года была осуществлена посадка спускаемого аппарата на поверхность кометы.





△ Комета Галлея в 1986 году

## КОМЕТА ГАЛЛЕЯ

Самая известная из комет Солнечной системы — комета Галлея. Она сыграла в истории астрономии и небесной механики большую роль и тесно связана с открытием закона всемирного тяготения. Коллега и друг Исаака Ньютона астроном и математик Эдмунд Галлей был автором первого каталога по всем ранее наблюдавшимся кометам. Обработывая данные, Галлей обратил внимание на три кометы, пролетавшие с четкой периодичностью в 76 лет и имевшие одинаковую траекторию. Естественно было предположить, что это одно и то же небесное тело. На основании своей гипотезы Галлей предсказал следующее появление кометы — и не ошибся, а Ньютон использовал его расчеты в своих трудах.

### Комета во тьме веков

Накоплено большое количество исторических свидетельств о появлении кометы Галлея. Одна из самых ранних записей сделана в 164 году до н. э. — на вавилонских глиняных клинописных табличках. Дата и путь кометы на небе очень хорошо согласуются с теоретическими расчетами. На тех же табличках приведены подробнейшие данные о положениях планет, что позволяет точно определить, что месяц прохода кометы начался 21 октября 164 года до н. э.

▷ Вавилонская астрономическая табличка с записью о появлении кометы Галлея в 164 году до н. э.



### Вифлеемская звезда

Под впечатлением от наблюдения кометы в 1301 году Джотто ди Бондоне изобразил ее в качестве Вифлеемской звезды на фреске «Поклонение волхвов» в церкви Капелла Скровеньи в Падуе. Кстати, есть предположения, что в случае погрешностей в описании библейских событий сама Вифлеемская звезда могла быть кометой Галлея в ее возвращении в 12 году н. э.

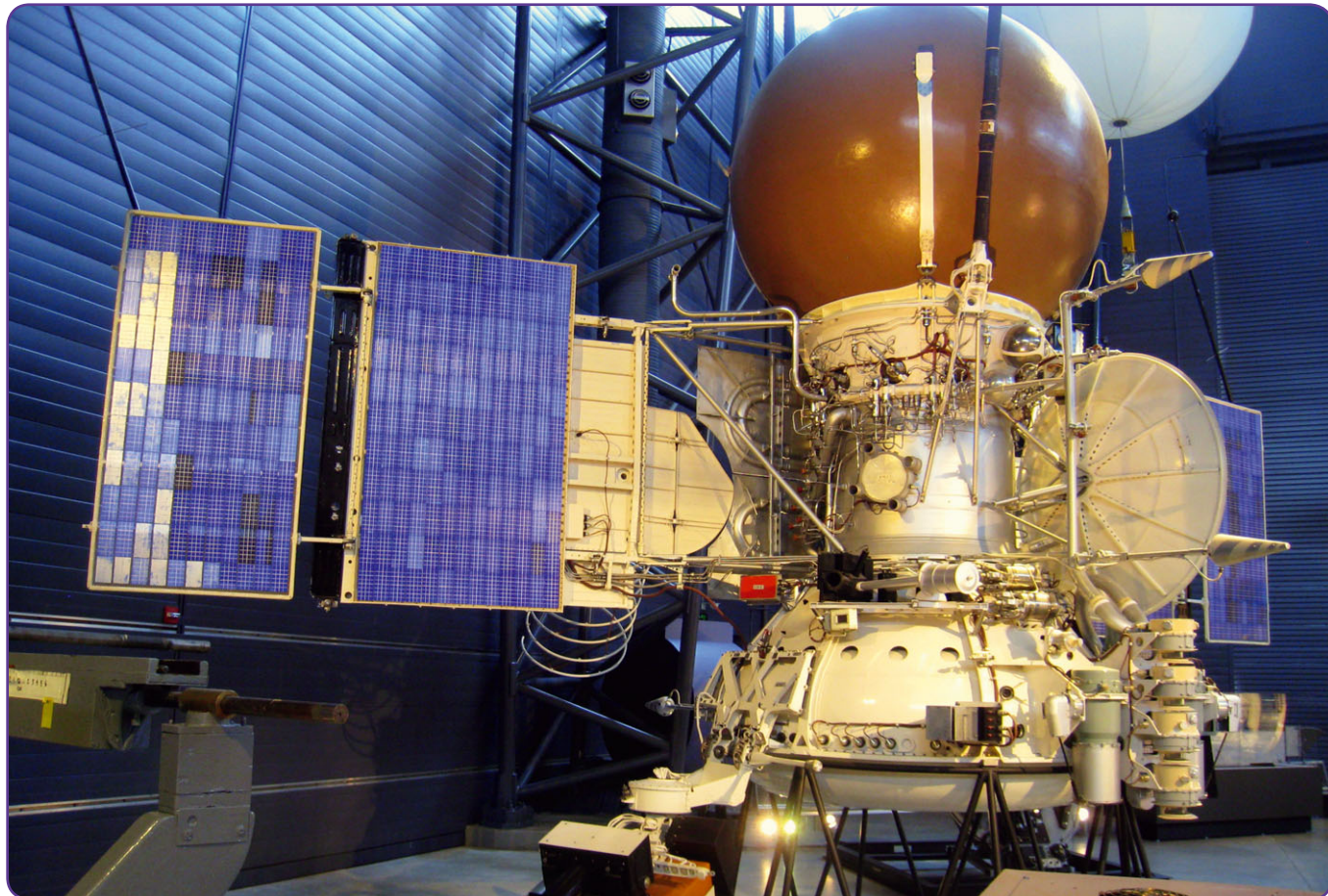
▷ Картина Джотто ди Бондоне  
«Поклонение волхвов», написанная в 1305 году



### Цель — комета Галлея

В 1986 году к комете Галлея отправились пять космических аппаратов, в том числе советские «Вега-1» и «Вега-2». Впервые в истории было сфотографировано ядро кометы. По хроникам и документам определено около 30 прохождений кометы Галлея вблизи Солнца вплоть до 240 года до н. э. В последний раз она наблюдалась в 1986 году, а следующее ее появление ожидается в середине 2061 года.

▽ Макет АМС «Вега»



## ☉ НЕБЕСНЫЕ ГОСТЫ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ

В среднем яркие и интересные кометы появляются на небе раз в несколько лет. Многие из них никогда не наблюдались ранее, поскольку имеют очень большие периоды обращения: сотни и тысячи лет.

### Комета Хейла — Боппа

Комета Хейла — Боппа стала самой наблюдаемой кометой XX века. Ее открыли в 1995 году, за два года до прохождения перигелия — точки максимального приближения к Солнцу, и сразу стали предсказывать очень большую яркость. В мае 1996 года комета стала видна невооруженным глазом. В марте — апреле 1997 года ее блеск превышал величину  $1^m$ , и только в конце этого года она перестала быть видимой без помощи оптики, просияв на небе 18 месяцев — больше, чем все остальные известные кометы.

Если с кометой ничего не случится в космических просторах, то она вернется приблизительно в 4390 году.

**КОМЕТЫ — ОЧЕНЬ НЕПРЕДСКАЗУЕМЫЕ СВЕТИЛА. ДОВОЛЬНО ТРУДНО ПРЕДУГАДАТЬ ИХ ЯРКОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ ПРИ СБЛИЖЕНИИ С СОЛНЦЕМ.**

### ▽ Комета Хейла — Боппа в 1997 году



### Комета ISON

Непредсказуемость комет часто играет злую шутку с учеными и публикой, жаждущей сенсаций. Комету ISON открыли в 2012 году. В ноябре 2013 года она должна была приблизиться к Солнцу. Исходя из того, что было известно о комете, некоторые ученые предположили, что она может стать очень яркой, сравнявшись в блеске с полной Луной. С начала 2013 года стало ясно, что комета не набирает яркости. Однако СМИ уже всю трубили о «комете века». Пролетев всего в 1 млн км от поверхности Солнца, 28 ноября комета разрушилась. Теперь по ее орбите движутся лишь мелкие частицы пыли.

△ Комета ISON

### Комета Макнота

Эта комета была обнаружена в 2006 году и названа по фамилии открывателя Роберта Макнота. Предполагалось, что она будет видна невооруженным глазом, но не достигнет высокой яркости. Приблизившись к Солнцу, комета начала набирать блеск гораздо более быстрыми темпами, чем предсказывали ученые. В январе 2007 года ее яркость некоторое время превышала яркость Венеры. Комета устроила феерическое зрелище для жителей Южного полушария Земли, распустив по небу огромный изогнутый хвост.

Притяжение Солнца и планет изменило орбиту кометы, и теперь она будет вращаться вокруг Солнца с колоссальным периодом порядка 92 000 лет.

▽ Комета Макнота  
в 2007 году

# ИЗУЧЕНИЕ КОМЕТ

**ТОЛЬКО ПОСЛЕ ТОГО, КАК АНГЛИЙСКИЙ АСТРОНОМ ЭДМУНД ГАЛЛЕЙ ПОНЯЛ, ЧТО НЕКОТОРЫЕ КОМЕТЫ ЯВЛЯЮТСЯ ПОСТОЯННЫМИ ЖИТЕЛЯМИ НАШЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, АСТРОНОМЫ НАЧАЛИ ОХОТУ ЗА КОМЕТАМИ В НОЧНОМ НЕБЕ. МАССЫ КОМЕТ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫ, ПОЭТОМУ ДОЛГОЕ ВРЕМЯ ТАЙНОЙ ОСТАВАЛСЯ ИСТОЧНИК ГАЗА И ПЫЛИ В ИХ ЯДРАХ И ХВОСТАХ.**



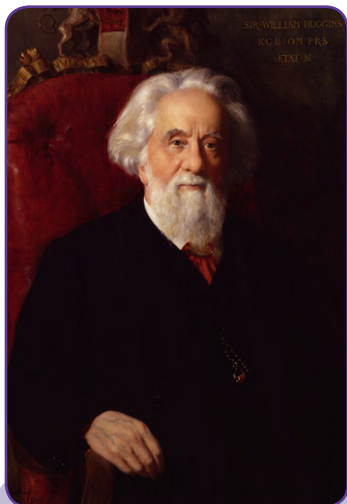
◁ Китайские астрономы наблюдали кометы и считали их важными астрологическими объектами

до н.э.

н.э.

▶ 185

Наблюдения китайских астрономов за кометами отражены в Шелковом атласе комет.



◁ Сэр Уильям Хаггинс

◀ 1868

Английский астроном сэр Уильям Хаггинс использовал спектроскопию, чтобы доказать, что кометы содержат углеводородные соединения.

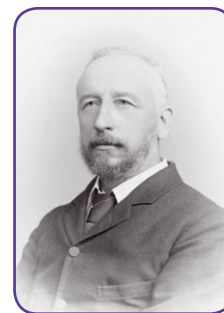


▷ Генрих Вильгельм Маттиас Ольберс

◀ 1815

Немецкий астроном и физик Генрих Вильгельм Маттиас Ольберс открыл периодическую комету, названную в его честь 13P/Ольберса.

◁ Большая комета. Снимок, сделанный Дэвидом Гиллом



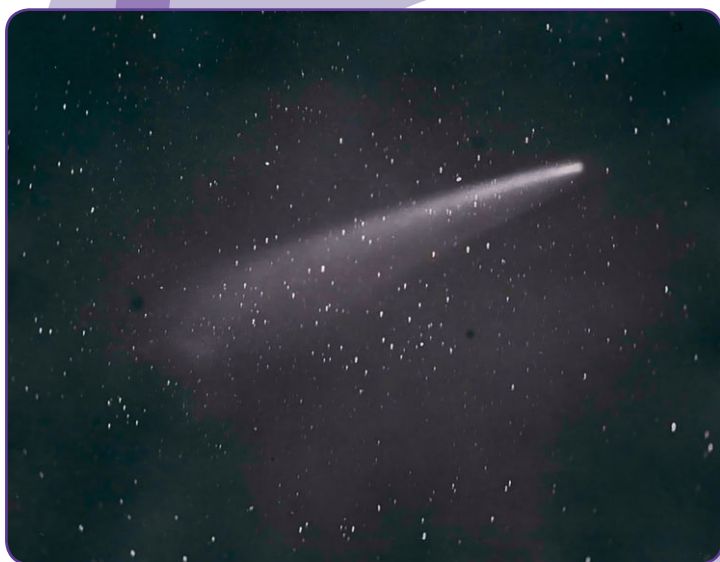
▷ Сэр Дэвид Гилл

1882

Шотландский астроном сэр Дэвид Гилл сделал первую фотографию кометы.

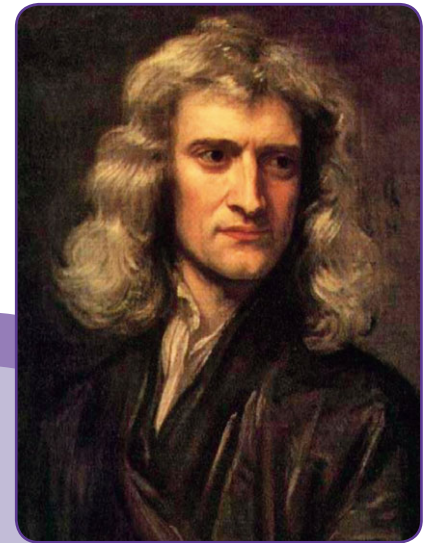
▶ 1892

Американский астроном Эдвард Эмерсон Барнард сделал первое открытие кометы по фотографии — это была комета 1892 V.





◁ Петер Апиан



▷ Исаак Ньютон

▶ 1531

Немецкий астроном Петер Апиан указывал, что хвосты комет всегда обращены от Солнца, по мере приближения к светилу они увеличиваются.

▶ 1680

Английский математик Исаак Ньютон первым построил и начертил орбиту кометы.

◁ Телескоп  
Каролины  
Гершель

◁ Эдмунд Галлей

◁ 1786

Английский астроном Каролина Гершель стала первой женщиной, обнаружившей комету. Сделать ей это удалось с помощью телескопа, сооруженного Уильямом Гершелем.

◁ 1690-е

Астроном Эдмунд Галлей доказал, что некоторые кометы относятся к небесным телам Солнечной системы.



◁ Сванте Аррениус

▶ 1900

Шведский физик Сванте Аррениус предположил, что солнечная радиация под большим давлением выталкивает пыль в хвост кометы.

▶ 1950

Американский астроном Фред Лоуренс Уиппл открыл 6 новых комет и предложил модель ядра кометы в виде «грязного снежка» — смеси льда с частицами метеорного вещества.

▶ 1979

Английские астрономы Чандра Викрамасингхе и сэр Фред Хойл предположили, что жизнь принесена на Землю из космоса.

◁ Налин Чандра  
Викрамасингхе



ЗАПУСК

ОРБИТА ЗЕМЛИ

Август 1978

ICE

Декабрь 1984

«Вега-1»

Март 1986

1P/Галлея

Декабрь 1984

«Вега-2»

Март 1986

1P/Галлея

Январь 1985

Сакигакэ

Март 1986

1P/Галлея

Июль 1985

«Джотто»

Март 1986

1P/Галлея

Август 1985

Suisei

Март 1986

1P/Галлея

Октябрь 1998

Deep Space-1

Январь 2001

Сентябрь 2001

(4015) Вильсон — Харрингтон

19P/Борелли

Февраль 1999

«Стардаст»

Январь 2004

81P/Вильда

Март 2004

«Розетта»

Январь 2005

«Дип Импакт»

Июль 2006

9P/Темпея

Ноябрь 2010

103P/Хартли



Логотип МИССИИ

### «Дип Импакт»

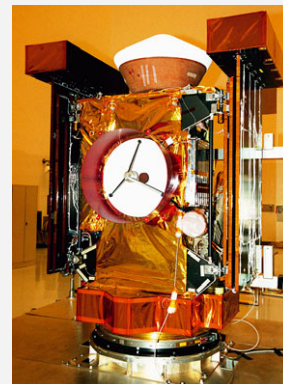
Ударный 370-килограммовый космический аппарат НАСА «Дип Импакт» в 2005 году направлен для столкновения к комете Темпея 1. В феврале 2011 года комету посетил космический корабль «Стардаст», который сделал изображение 150-метрового кратера, образованного ударом.

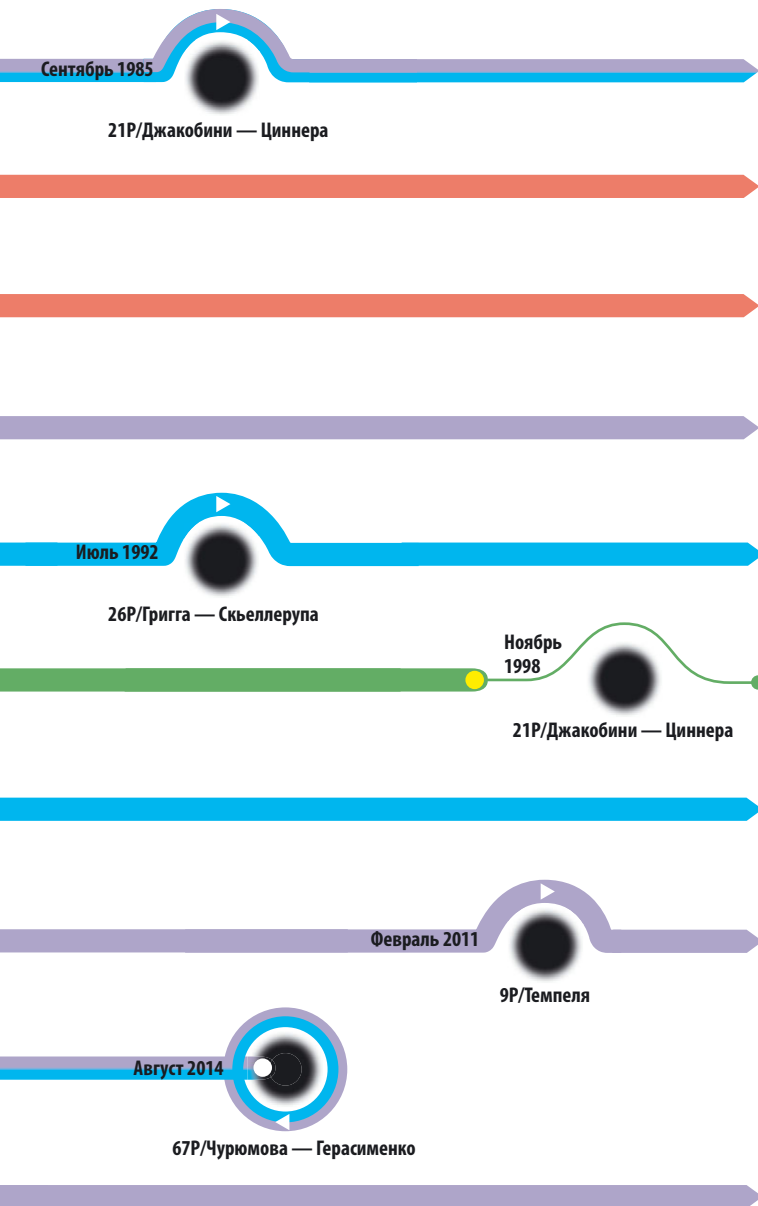
КА «Дип Импакт» в монтажном цехе

### «Стардаст»

Космический аппарат НАСА «Стардаст» прошел на расстоянии 240 км от ядра кометы Вильда-2, собирая образцы частиц газопылевого облака. Это было сделано с помощью легкого пористого материала — аэрогеля, который был установлен на собирающем устройстве в виде теннисной ракетки. Сборщик с драгоценным грузом был отделен от КА «Стардаст» и вернулся на Землю в январе 2006 года.

КА «Стардаст» перед запуском





# МИССИИ К КОМЕТАМ

СКРЫТЫЕ В ТУМАННОЙ ОБОЛОЧКЕ ЯДРА КОМЕТ СЛИШКОМ МАЛЫ, ЧТОБЫ РАССМОТРЕТЬ ИХ С ЗЕМЛИ. ЭТО МОЖНО СДЕЛАТЬ ТОЛЬКО С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. ПЕРВЫМ КОРАБЛЕМ, КОТОРЫЙ ПРИСЛАЛ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЯДРА КОМЕТЫ, БЫЛ «ДЖОТТО». БОЛЕЕ АМБИЦИОЗНЫМИ СТАЛИ МИССИЯ НАСА «СТАРДАСТ» (ЗАЧЕРПНУТЫЙ ОБРАЗЕЦ ПЫЛИ С КОМЕТЫ ВИЛЬДА-2 БЫЛ ДОСТАВЛЕН НА ЗЕМЛЮ), А ТАКЖЕ ПРОЕКТ ЕКА «РОЗЕТТА» — ПЕРВАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕЖПЛАНЕТНАЯ СТАНЦИЯ, СОВЕРШИВШАЯ ПОСАДКУ НА ЯДРО КОМЕТЫ.

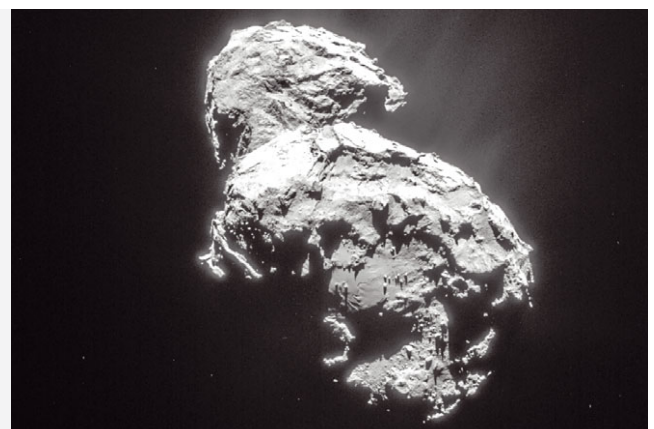
## ЛЕГЕНДА

	НАСА (США)		Орбита
	ЈАХА (Япония)		Облет
	ЕКА (Европа)		Проба грунта
	СССР / Россия		Посадка
	Совместная миссия НАСА и ЕКА		Цель полета
	Неудача		

### «Розетта»

Миссией автоматической межпланетной станции «Розетта», разработанной и изготовленной ЕКА в сотрудничестве с НАСА, было исследование кометы 67P/Чуриумова — Герасименко. Она состояла из двух частей: собственно зонда «Розетта» и спускаемого аппарата «Филы». АМС была запущена 2 марта 2004 года и стала первым в мире космическим аппаратом, вышедшим на орбиту кометы. В рамках программы 12 ноября 2014 года произошла первая в мире мягкая посадка спускаемого аппарата на поверхность кометы 67P/Чуриумова — Герасименко. Основной зонд «Розетта» завершил свой полет 30 сентября 2016 года, совершив на комету жесткую посадку.

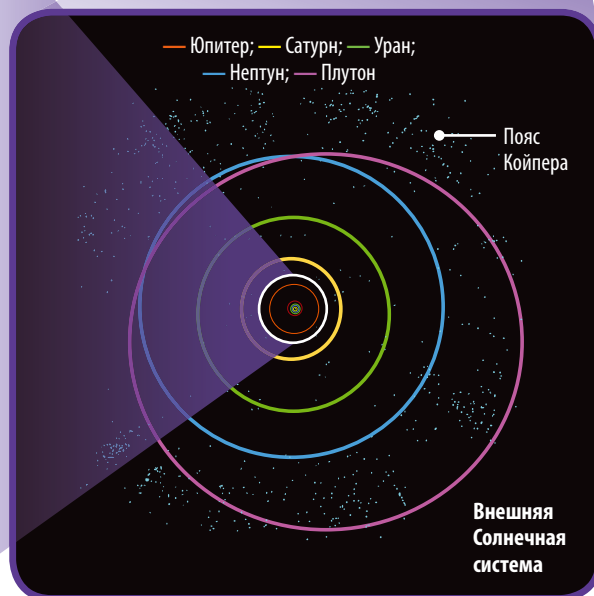
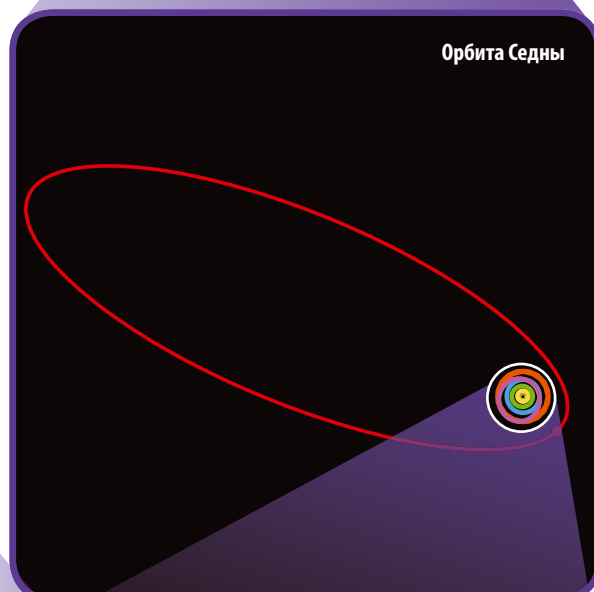
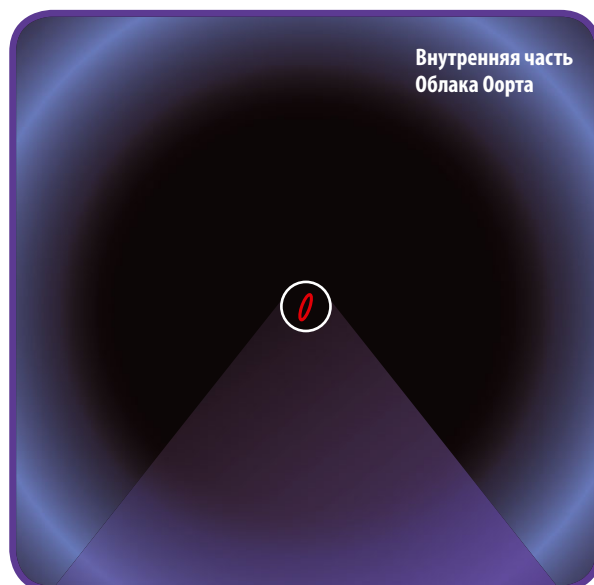
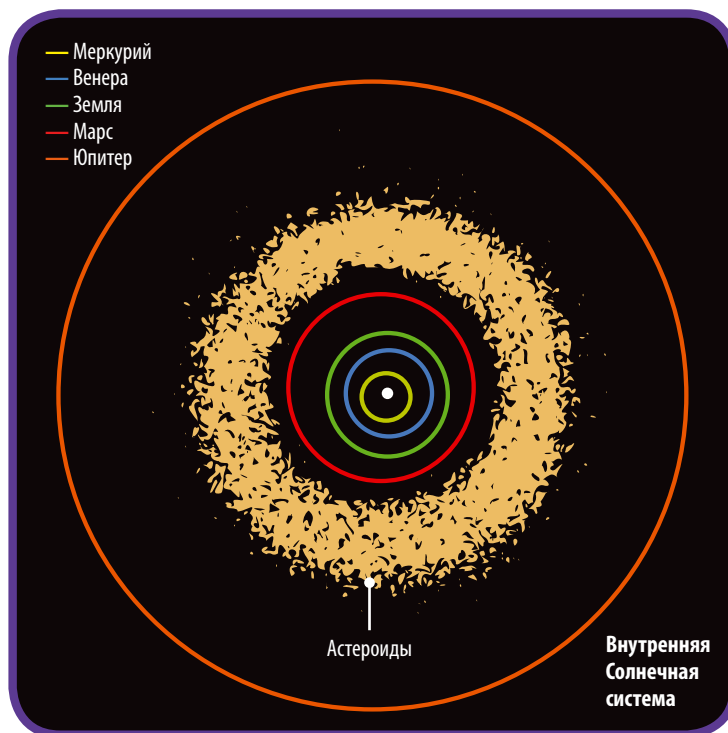
▷ Комета 67P/Чуриумова — Герасименко. Снимок, сделанный АМС «Розетта» с расстояния 82,9 км 6 марта 2015 года



# ОБЛАКО ООРТА

**МНОГИЕ АСТРОНОМЫ ПОДДЕРЖИВАЮТ ГИПОТЕЗУ О СУЩЕСТВОВАНИИ НА ГРАНИЦАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОБЛАКА ООРТА — ГИГАНТСКОГО СКОПЛЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ГЛЫБ. ОНО РАСПОЛАГАЕТСЯ НА РАССТОЯНИИ ПРИМЕРНО ДО 1 СВ. ГОДА ОТ СОЛНЦА. ОБЫЧНО ОБЪЕКТЫ ОБЛАКА ООРТА ОСТАЮТСЯ НА СВОИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНО ОТДАЛЕННЫХ ОРБИТАХ. НО ВРЕМЯ ОТ ВРЕМЕНИ, НАПРИМЕР ПРИ БЛИЗКОМ ПРОХОДЕ ДРУГОЙ ЗВЕЗДЫ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЕЕ ГРАВИТАЦИИ ЧАСТЬ ИЗ НИХ СРЫВАЕТСЯ С ПРЕЖНИХ ОРБИТ И УСТРЕМЛЯЕТСЯ ВО ВНУТРЕННЮЮ ОБЛАСТЬ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, СТАНОВЯСЬ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИМИ КОМЕТАМИ. СЧИТАЕТСЯ, ЧТО ОБЛАКО ООРТА СОДЕРЖИТ НЕСКОЛЬКО ТРИЛЛИОНОВ ЯДЕР КОМЕТ И ЯВЛЯЕТСЯ ОСТАТКОМ ИСХОДНОГО ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА, ИЗ КОТОРОГО СФОРМИРОВАЛАСЬ СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.**

▽▷ Размеры Облака Оорта в сравнении с орбитами объектов Солнечной системы



## ◎ Седна — Гость из облака Оорта

В 2003 году в 100 а. е. (15 млрд км) от Солнца было обнаружено небесное тело, названное Седна. Некоторые астрономы считают Седну карликовой планетой, но точных данных, подтверждающих это, пока нет. Параметры орбиты не позволили отнести ее к населению Пояса Койпера, ведь в своем максимальном удалении (афелии) Седна отдаляется от Солнца на расстояние 900 а. е. (135 млрд км), а в максимальном сближении (перигелии) приближается на 80 а. е. (12 млрд км). Все это позволило предположить, что астрономическая наука впервые встретилась с небесным телом из внутренней области Облака Оорта, потому как даже в перигелии Седна проходит в 1,5 раза дальше от Солнца, чем расположилась внешняя граница Пояса Койпера.

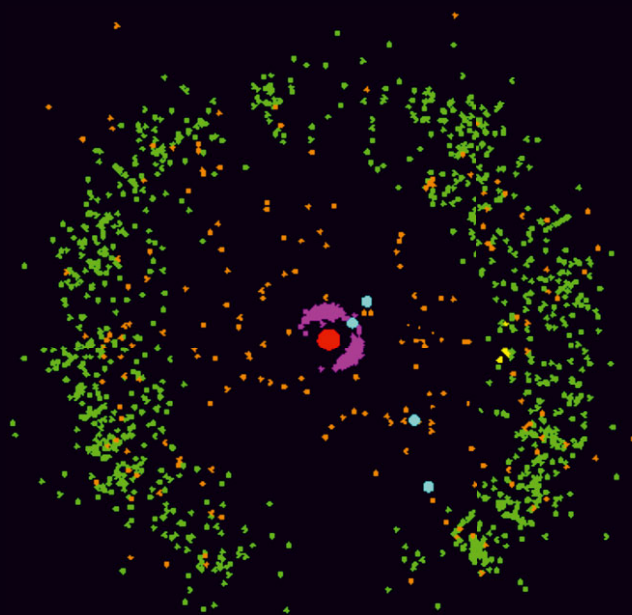
▽ Седна  
в представлении  
художника



# ОКРАИНЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ

## КЕНТАВРЫ — БЕГЛЕЦЫ ИЗ ПОЯСА КОЙПЕРА

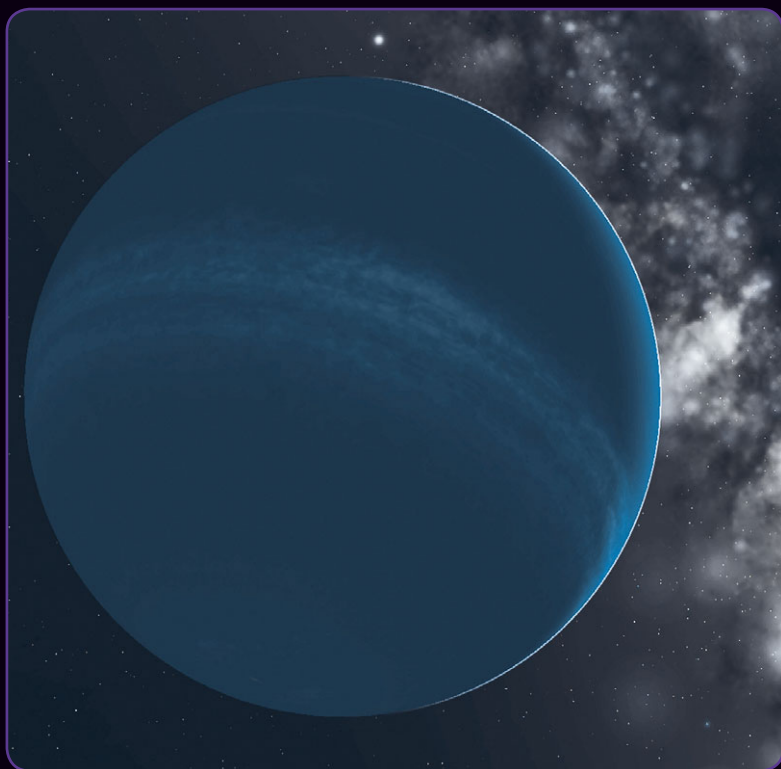
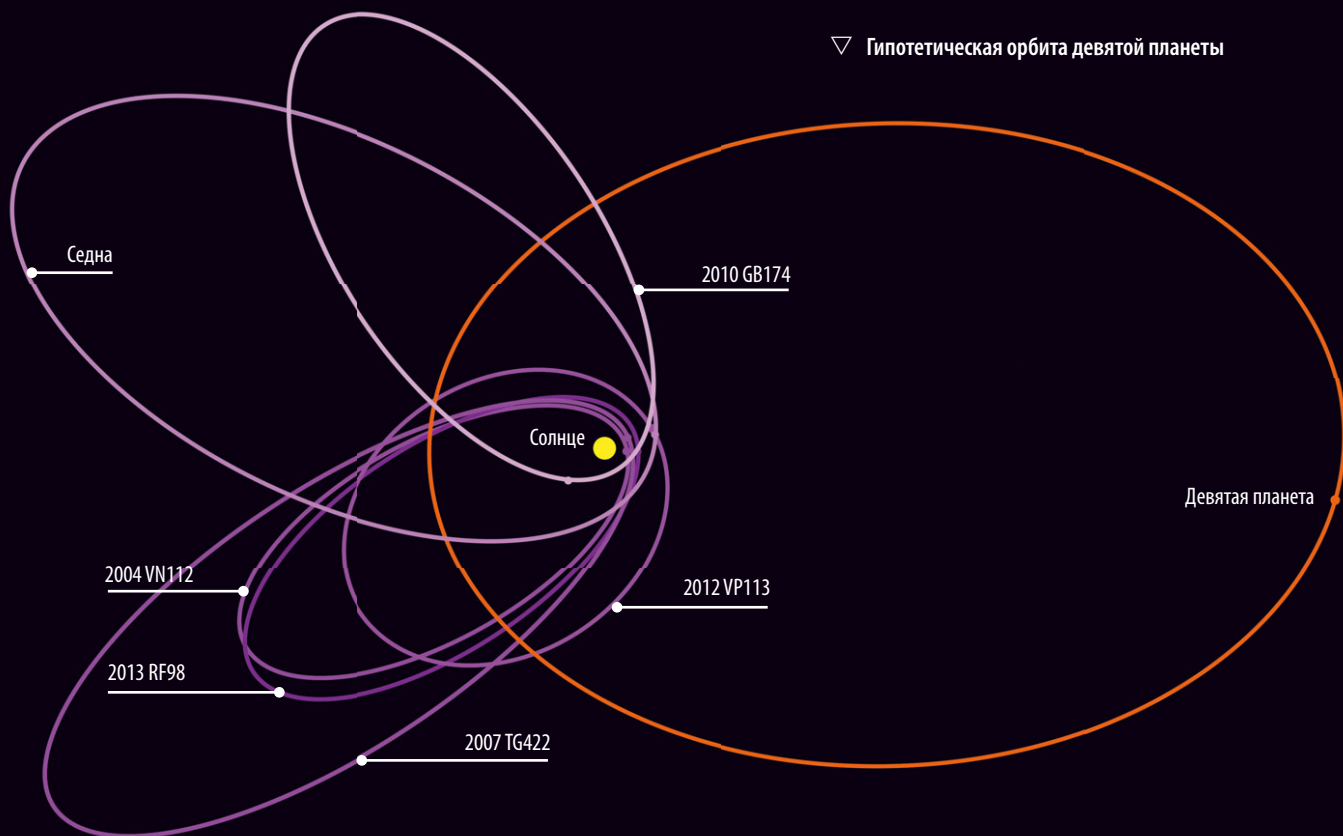
Кроме астероидов Главного пояса и Пояса Койпера, в Солнечной системе существуют кентавры — группа астероидов, находящихся между орбитами Юпитера и Нептуна, переходная по свойствам между астероидами Главного пояса и объектами Пояса Койпера (по некоторым свойствам они похожи и на кометы). Эти объекты являются почти наверняка беглецами из Пояса Койпера. Их дальнейшая судьба пока не имеет точно обоснованного предсказания. Объекты этой группы получают имена кентавров античной мифологии — Хирон, Фол, Несс, Асбол и др. Первым открытым кентавром был Хирон (его обнаружили в 1977 году). При приближении к перигелию у него наблюдается кома, характерная для комет, поэтому Хирон классифицируется одновременно и как комета, и как астероид, хотя он существенно больше типичной кометы (его диаметр, предположительно, составляет 218 км). Возможно, Хирон имеет кольца.



△ Местонахождение объектов Солнечной системы. Кентавры (оранжевый цвет) располагаются внутри Пояса Койпера (зеленый цвет), а также частично за его пределами



△ Хирон в представлении художника

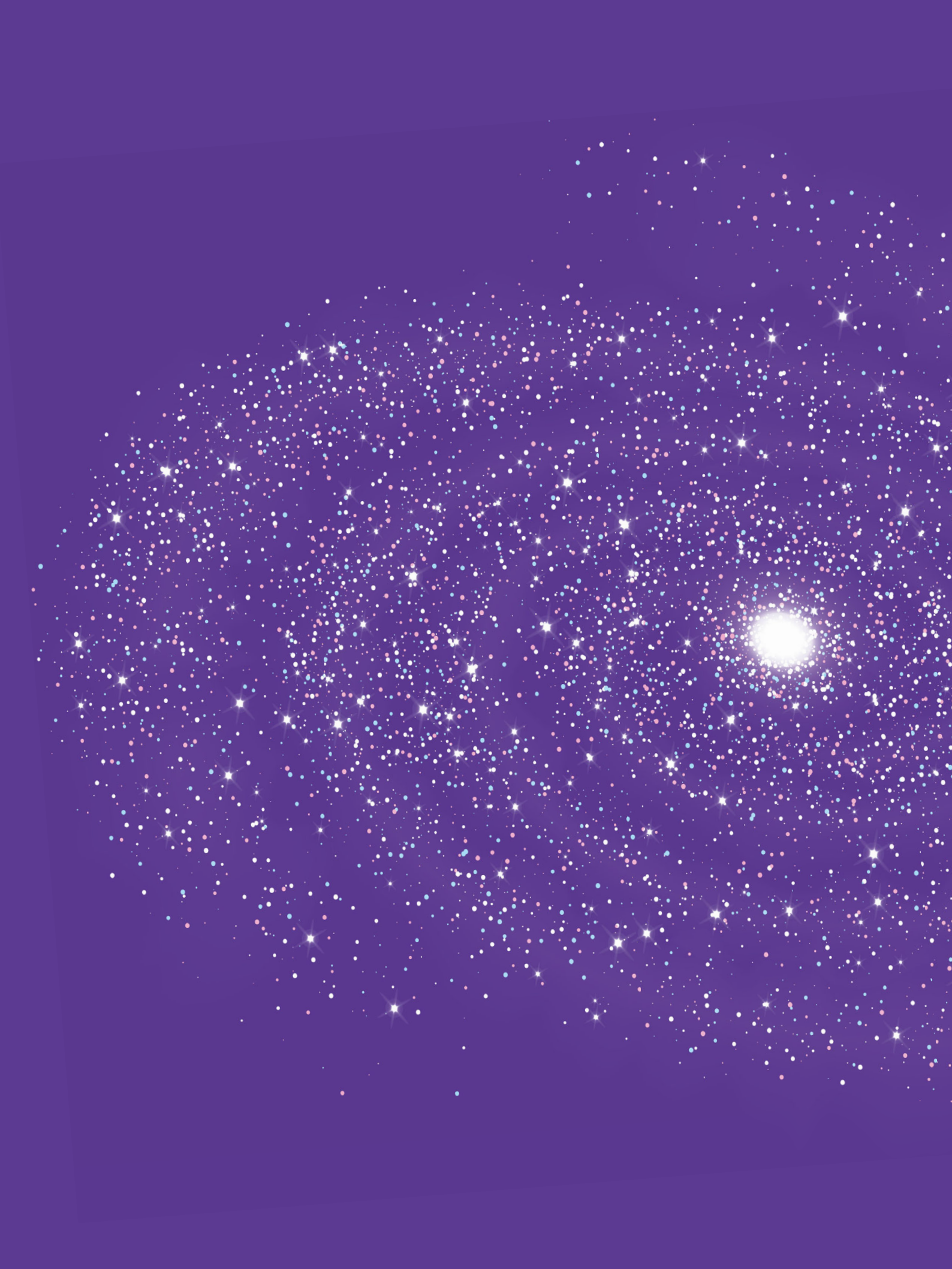


△ Девятая планета в представлении художника

## ТАЙНА ДЕВЯТОЙ ПЛАНЕТЫ

Регулярно появляются предположения о существовании в Солнечной системе других крупных планет за орбитой Нептуна. Предпосылки для гипотез менялись: сначала так объясняли неправильности орбиты Урана, теперь же поводом для подобных предположений служат обнаруживаемые закономерности орбит объектов Пояса Койпера. Их пытаются объяснить гравитационным влиянием девятой планеты.

В начале 2016 года ученые Калифорнийского технологического института Майкл Браун и Константин Батыгин высказали гипотезу о существовании девятой планеты с массой порядка 10 земных, находящейся от Солнца в 20 раз дальше, чем Нептун. Она является газово-ледяным гигантом, имеет период обращения примерно 15 000 лет и необычно вытянутую эллиптическую орбиту с перигелием около 200 а. е. и апогелием до 1200 а. е. Хотя точных предсказаний положения планеты расчеты пока не дают, планируется многолетняя программа ее поиска.



# ВСЕЛЕННАЯ



“

КАЖДЫЙ АТОМ ТВОЕГО ТЕЛА ПРОИЗОШЕЛ ОТ ВЗОРВАВШЕЙСЯ ЗВЕЗДЫ. И ВОЗМОЖНО, АТОМЫ ТВОЕЙ ЛЕВОЙ РУКИ ПРИНАДЛЕЖАЛИ ДРУГОЙ ЗВЕЗДЕ, НЕ ТОЙ, ИЗ КОТОРОЙ АТОМЫ ПРАВОЙ. ЭТО САМАЯ ПОЭТИЧНАЯ ВЕЩЬ, КОТОРУЮ Я ЗНАЮ О ФИЗИКЕ: МЫ ВСЕ СДЕЛАНЫ ИЗ ЗВЕЗДНОЙ ПЫЛИ. ВАС БЫ ЗДЕСЬ НЕ БЫЛО, ЕСЛИ БЫ ЗВЕЗДЫ НЕ ВЗОРВАЛИСЬ, ПОТОМУ ЧТО ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ — УГЛЕРОД, АЗОТ, КИСЛОРОД, ЖЕЛЕЗО, ВСЕ, ЧТО НУЖНО ДЛЯ ЗАРОЖДЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ И ДЛЯ ЖИЗНИ, НЕ БЫЛИ СОЗДАНЫ В НАЧАЛЕ ВРЕМЕН. ОНИ БЫЛИ СОЗДАНЫ В ЯДЕРНЫХ ТОПКАХ ЗВЕЗД, И ЧТОБЫ ПРЕВРАТИТЬСЯ В ВАШИ ТЕЛА, ЗВЕЗДЫ ДОЛЖНЫ БЫЛИ ВЗОРВАТЬСЯ. ЗВЕЗДЫ ПОГИБЛИ, ЧТОБЫ ВЫ СЕГОДНЯ БЫЛИ ЗДЕСЬ.

”

ЛОУРЕНС КРАУСС,  
АСТРОФИЗИК



# РОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

**СЕГОДНЯ МЫ БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ДОСТОВЕРНО ЗНАЕМ, ЧТО ВСЕЛЕННАЯ ВОЗНИКЛА ОКОЛО 14 МЛРД ЛЕТ НАЗАД В РЕЗУЛЬТАТЕ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА. ЧТО ЖЕ ИМЕННО ВЗОРВАЛОСЬ И ЧТО ВООБЩЕ СУЩЕСТВОВАЛО ДО ЭТОГО КАТАКЛИЗМА, ВЕРОЯТНО, НАДОЛГО ОСТАНЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ ГЛАВНЫХ ЗАГАДОК МИРОЗДАНИЯ. АСТРОНОМЫ И ФИЗИКИ ПРЕДЛАГАЮТ ВСЕ НОВЫЕ И НОВЫЕ ГИПОТЕЗЫ О РОЖДЕНИИ МИРА, НО ИХ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ИЛИ ОПРОВЕРЖЕНИЕ — ДЕЛО ДАЛЕКОГО БУДУЩЕГО.**

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ

Ученые, занимающиеся ранней историей Большого взрыва, считают, что первоначально Вселенную можно было бы удержать в ладонях — ее размер не превышал 10 см. Говоря о том, каким образом вся наблюдаемая Вселенная могла уместиться в таком малом объеме, космологи отмечают, что она, по существу, состоит из пустоты. Ведь и звезды находятся на очень большом расстоянии друг от друга, и атомы тоже практически пусты — ядро атома очень мало по сравнению с самим атомом. Поэтому вполне вероятно, что вся современная Вселенная произошла из небольшого объема первичной материи.

### ▶ БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

В первые мгновения Вселенная находилась в чрезвычайно плотном и горячем состоянии, называемом космологической сингулярностью. В момент Большого взрыва появились материя, пространство, время и законы природы, а через секунды родились элементарные частицы.

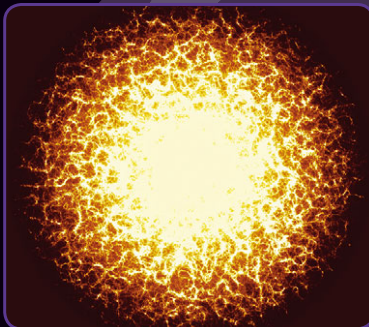
▷ Большой взрыв в представлении художника



### ◀ ПЕРВЫЕ АТОМЫ

Прошло 380 000 лет, прежде чем Вселенная остыла для того, чтобы появились первые атомы. Они стали излучать свет — и пространство озарилось, что в прямом смысле можно назвать началом света, поскольку ранее частицам света — фотонам — неоткуда было взяться. Эту вспышку — реликтовое излучение — астрономы наблюдают до сих пор, но уже в радиодиапазоне.

◁ Начало адронной эры в представлении художника



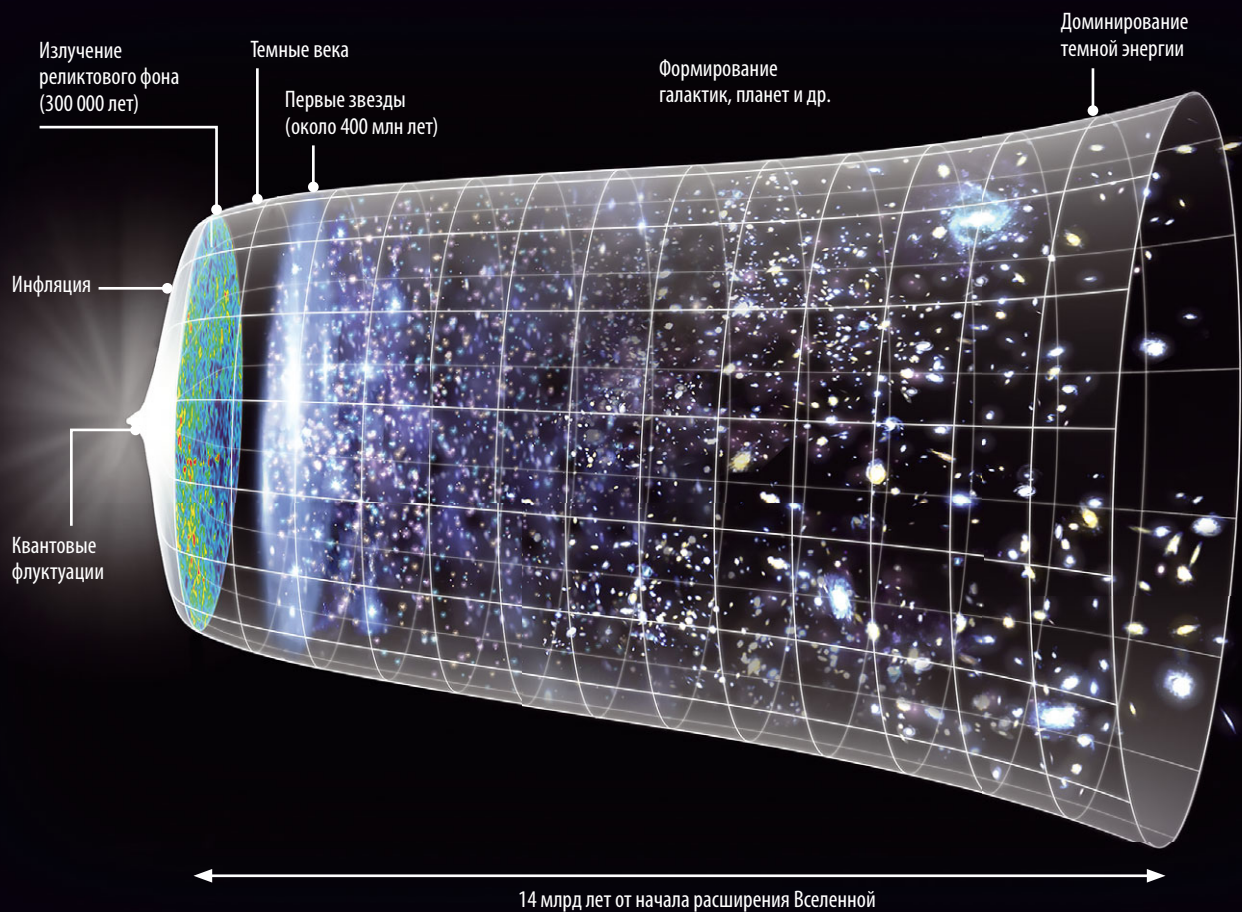
### ▶ ПЕРВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Спустя 150 млн лет начали зажигаться первые звезды, формироваться галактики и их скопления. В начале этой эпохи во Вселенной существовало только два элемента — водород и гелий. В недрах звезд начинаются ядерные реакции, в результате которых появляются все более тяжелые элементы. Звезды взрываются, распыляя кислород, углерод и пр.

## РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Величайшая объединяющая сила в космосе — гравитация. Она заставляет звезды кооперироваться в галактики, а галактики — в кластеры. Тем не менее все они постоянно отдаляются друг от друга, что является следствием Большого взрыва. С тех пор происходит расширение Вселенной — одинаковое во всех направлениях. Будет ли она увеличиваться вечно или снова сожмется в точку, зависит от количества и свойств темной материи и темной энергии.

Парадоксально, но в каком бы направлении мы ни отправились путешествовать во Вселенной, конечным пунктом будет сингулярность — та точка, из которой началось расширение. Но проделать этот путь можно лишь мысленно, ведь ничто не может двигаться быстрее скорости света, а ему, в свою очередь, потребуется на это 14 млрд лет.

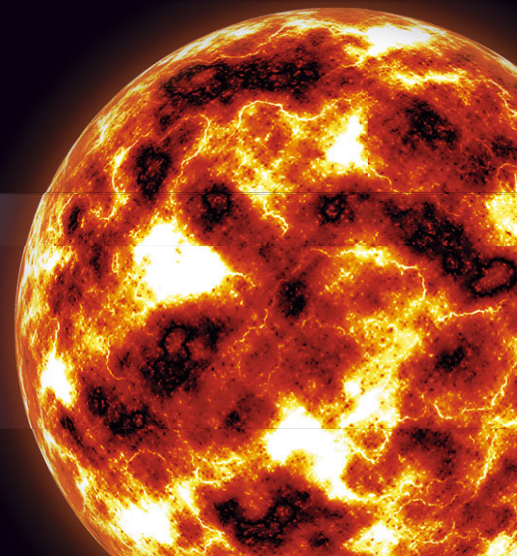


△ Эволюция Вселенной

▷ Зарождение звезды в представлении художника

## ▶ РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗД И ПОЯВЛЕНИЕ ЖИЗНИ

Через 9 млрд лет в туманностях, уже обогащенных тяжелыми химическими элементами, родились звезды второго и третьего поколений. К ним относится и Солнце. Вокруг него появились планеты, в частности наша Земля. Еще через миллиард лет, когда на нашей планете образовался океан, где-то в его глубинах, случайно или нет, появился первый живой организм, способный себя воспроизводить.



# СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ

**В НАЧАЛЕ XX ВЕКА АСТРОНОМЫ ОБНАРУЖИЛИ, ЧТО ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ НЕ РАЗБРОСАНЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ХАОТИЧНО, А ОБРАЗУЮТ СКОПЛЕНИЯ. ОНИ СОСТОЯТ ИЗ ДЕСЯТКОВ ГАЛАКТИК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И РАЗМЕРОВ. НАША ГАЛАКТИКА ВХОДИТ В МЕСТНУЮ ГРУППУ ГАЛАКТИК. КРОМЕ НЕЕ, ТАМ ЕСТЬ ДВЕ КРУПНЫЕ ГАЛАКТИКИ: АНДРОМЕДЫ И ТРЕУГОЛЬНИКА, ОКОЛО 50 КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК. ПОПЕРЕЧНИК МЕСТНОЙ ГРУППЫ СОСТАВЛЯЕТ ПОРЯДКА 1 МПК. НАРЯДУ С ДРУГИМИ НЕБОЛЬШИМИ ГРУППАМИ ГАЛАКТИК, МЕСТНАЯ ВХОДИТ В СОСТАВ МЕСТНОГО ЛИСТА — ПЛОСКОГО ОБЛАКА ГАЛАКТИК РАДИУСОМ ОКОЛО 7 МПК (23 МЛН СВ. ЛЕТ) И ТОЛЩИНОЙ 1,5 МПК (5 МЛН СВ. ЛЕТ). МЕСТНЫЙ ЛИСТ В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ ВКЛЮЧАЕТСЯ В МЕСТНОЕ СВЕРХСКОПЛЕНИЕ ГАЛАКТИК (СВЕРХСКОПЛЕНИЕ ДЕВЫ), ГЛАВНУЮ РОЛЬ В КОТОРОМ ИГРАЕТ СКОПЛЕНИЕ ДЕВЫ.**

## Сверхструктура Вселенной

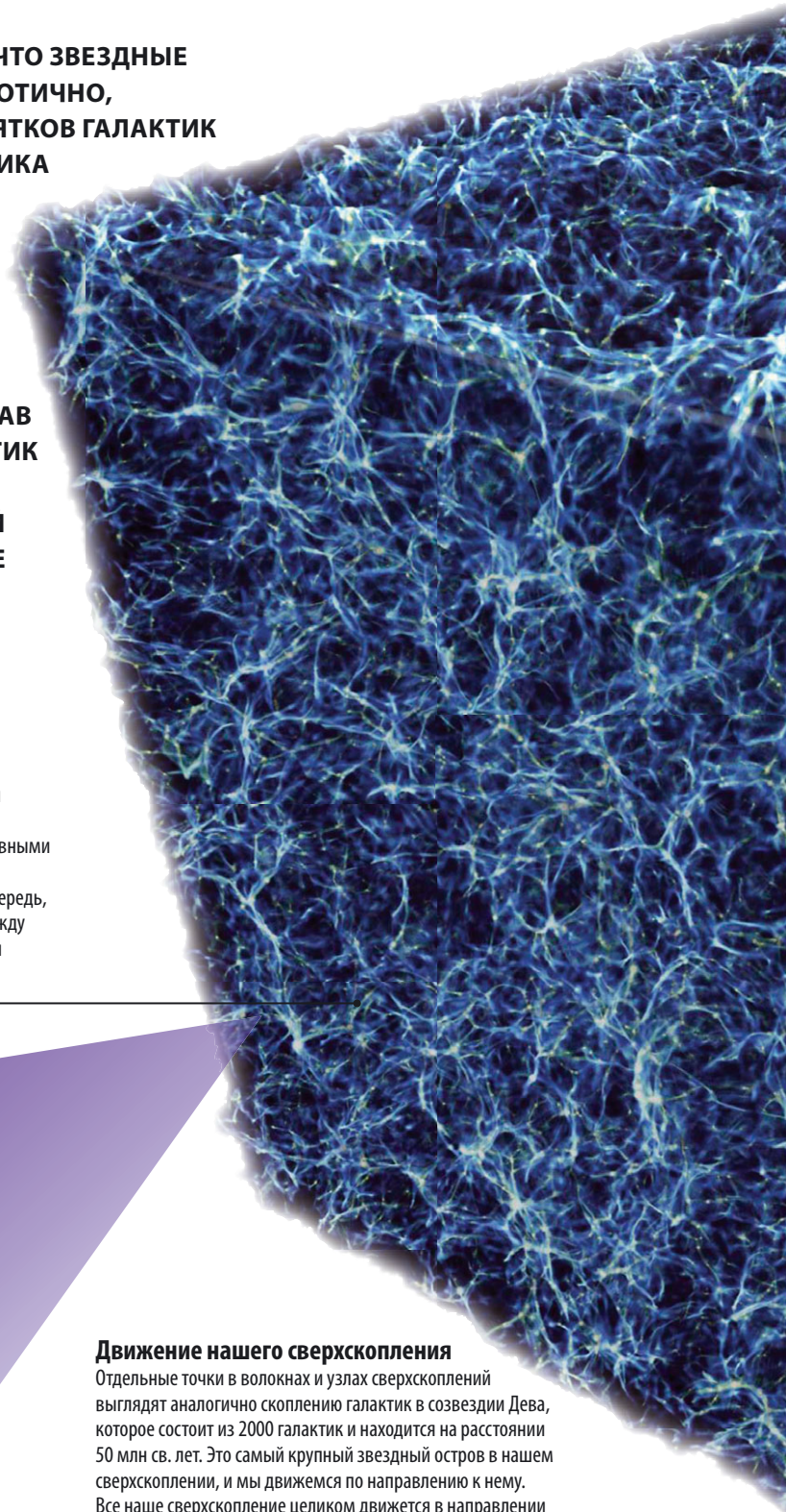
Насколько мы можем судить благодаря современным телескопам, в максимально увеличенном масштабе Вселенная представляет собой губку, узлы и стенки которой состоят из сверхскоплений галактик. Во Вселенной существуют сотни миллиардов различных галактик. Некоторые из них, похожие на Млечный Путь, называют островными вселенными. Они включают в себя миллиарды звезд. Практически все галактики являются частью более крупных структур — скоплений, группы которых, в свою очередь, объединяются в сверхскопления. Эти масштабные концентрации звезд связаны между собой нитями галактик, окруженных бескрайним пространством, — космическими пустотами, или войдами.

▽ Скопление галактик в созвездии Дева



## Движение нашего сверхскопления

Отдельные точки в волокнах и узлах сверхскоплений выглядят аналогично скоплению галактик в созвездии Дева, которое состоит из 2000 галактик и находится на расстоянии 50 млн св. лет. Это самый крупный звездный остров в нашем сверхскоплении, и мы движемся по направлению к нему. Все наше сверхскопление целиком движется в направлении Великого аттрактора внутри ближайшего войда. Великий аттрактор — это гравитационная аномалия, притягивающая ближайшие сверхскопления. Источник данной силы — темная материя, о которой почти ничего не известно.

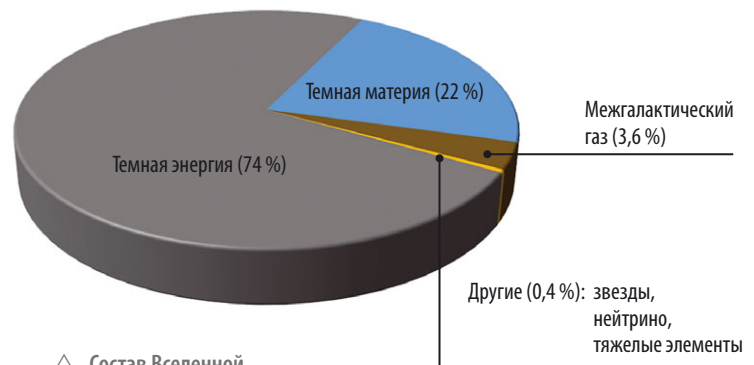


ВОЗРАСТ ВСЕЛЕННОЙ —  
13,77 МЛРД ЛЕТ. ОНА  
ВСЕГО В 3,5 РАЗА СТАРШЕ  
ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ.

◁ Результатом уникального международного проекта компьютерного моделирования Вселенной под названием «Миллениум» стало изображение распределения вещества в любых его формах. На рисунке сверхструктура Вселенной, смоделированная в проекте «Миллениум»: яркие области соответствуют уплотнениям, а темные — пустотам

## СОСТАВ ВСЕЛЕННОЙ

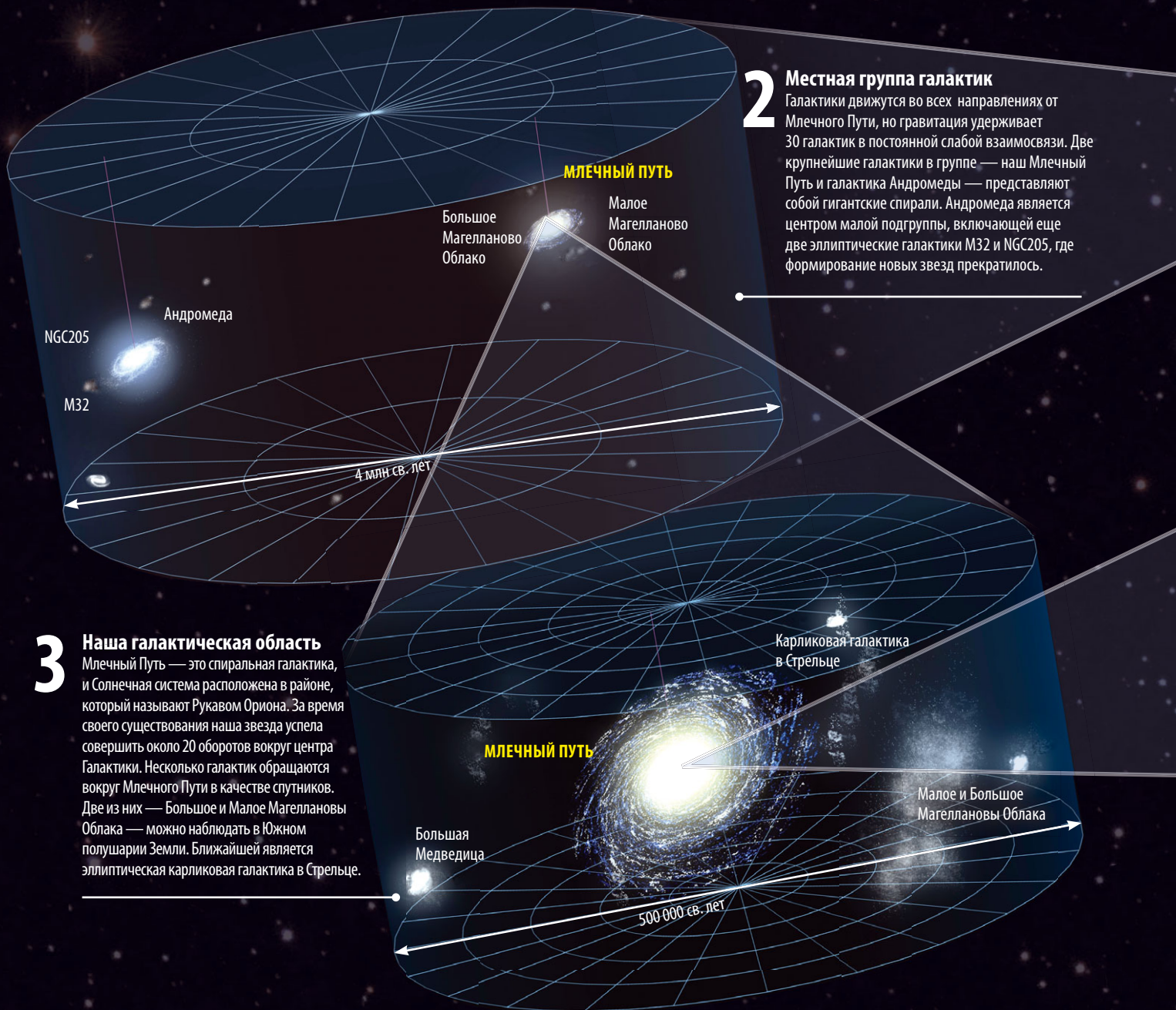
Астрономы наблюдают Вселенную во всех диапазонах электромагнитных волн. Согласно полученным данным, звезды, планеты, туманности, галактики составляют не более 4,9 % всего вещества во Вселенной, а 68,3 % ее плотности составляет загадочная темная энергия, благодаря которой Вселенная расширяется не просто, а с ускорением. Еще 26,8 % занимает темная материя — вещество, которое никак не проявляет себя излучением и заметно только благодаря гравитационному влиянию своей массы на соседние объекты.



△ Состав Вселенной

# РАЗМЕРЫ ВСЕЛЕННОЙ

НАША ПЛАНЕТА, КАЖУЩАЯСЯ ТАКОЙ ОГРОМНОЙ, СОВСЕМ НЕВЕЛИКА В КОСМИЧЕСКОМ МАСШТАБЕ. ЗЕМЛЯ ВХОДИТ В СОСТАВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ — КРОШЕЧНОЙ ЧАСТИ МЛЕЧНОГО ПУТИ — ГАЛАКТИКИ, КОТОРАЯ СОДЕРЖИТ ОТ 200 ДО 400 МЛРД ЗВЕЗД. МЫ ВИДИМ НАШУ ГАЛАКТИКУ ИЗНУТРИ, ПЛОСКОСТЬ ЕЕ ДИСКА СЛИВАЕТСЯ ДЛЯ НАС В СВЕТЯЩУЮСЯ ПОЛОСУ. МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ, В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ, ЯВЛЯЕТСЯ ЧАСТЬЮ ОГРОМНОЙ ВСЕЛЕННОЙ С НЕВООБРАЗИМЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ГАЛАКТИК.



## 2 Местная группа галактик

Галактики движутся во всех направлениях от Млечного Пути, но гравитация удерживает 30 галактик в постоянной слабой взаимосвязи. Две крупнейшие галактики в группе — наш Млечный Путь и галактика Андромеды — представляют собой гигантские спирали. Андромеда является центром малой подгруппы, включающей еще две эллиптические галактики M32 и NGC205, где формирование новых звезд прекратилось.

## 3 Наша галактическая область

Млечный Путь — это спиральная галактика, и Солнечная система расположена в районе, который называют Рукавом Ориона. За время своего существования наша звезда успела совершить около 20 оборотов вокруг центра Галактики. Несколько галактик обращаются вокруг Млечного Пути в качестве спутников. Две из них — Большое и Малое Магеллановы Облака — можно наблюдать в Южном полушарии Земли. Ближайшей является эллиптическая карликовая галактика в Стрельце.

# 1 Местное сверхскопление галактик

В центре нашего суперкластера находится галактическое скопление Девы, которое концентрирует в себе тысячи галактик. Гравитация Девы побуждает к вращению своих ближайших соседей, к числу которых относится местная группа галактик.

## МЕСТНАЯ ГРУППА ГАЛАКТИК

Дева W

Большая Медведица

150 млн св. лет

# 5 Солнечная система

Солнечная система — крошечная точка в масштабе Вселенной. Солнечный свет достигает Земли примерно за 8 мин. За Нептуном простирается зона ледяных тел, размеры которых гораздо меньше планет. К ним относятся и объекты Пояса Койпера, из которых более сотни были обнаружены с помощью телескопа.

## СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Процион A, B

Альфа Центавра

Альфа Центавра A

Альфа Центавра B

Сириус A, B

40 св. лет

# 4 Звездные соседи

Многие из наших звезд-соседей слишком тусклые, но такие, как Сириус и Процион, являются ярчайшими маяками на небе. Ближайший сосед — Альфа Центавра — представляет систему из трех звезд, одна из них, Проксима Центавра, является красным карликом.

Плутон

Меркурий

Солнце  
Венера  
Марс

Юпитер

Уран

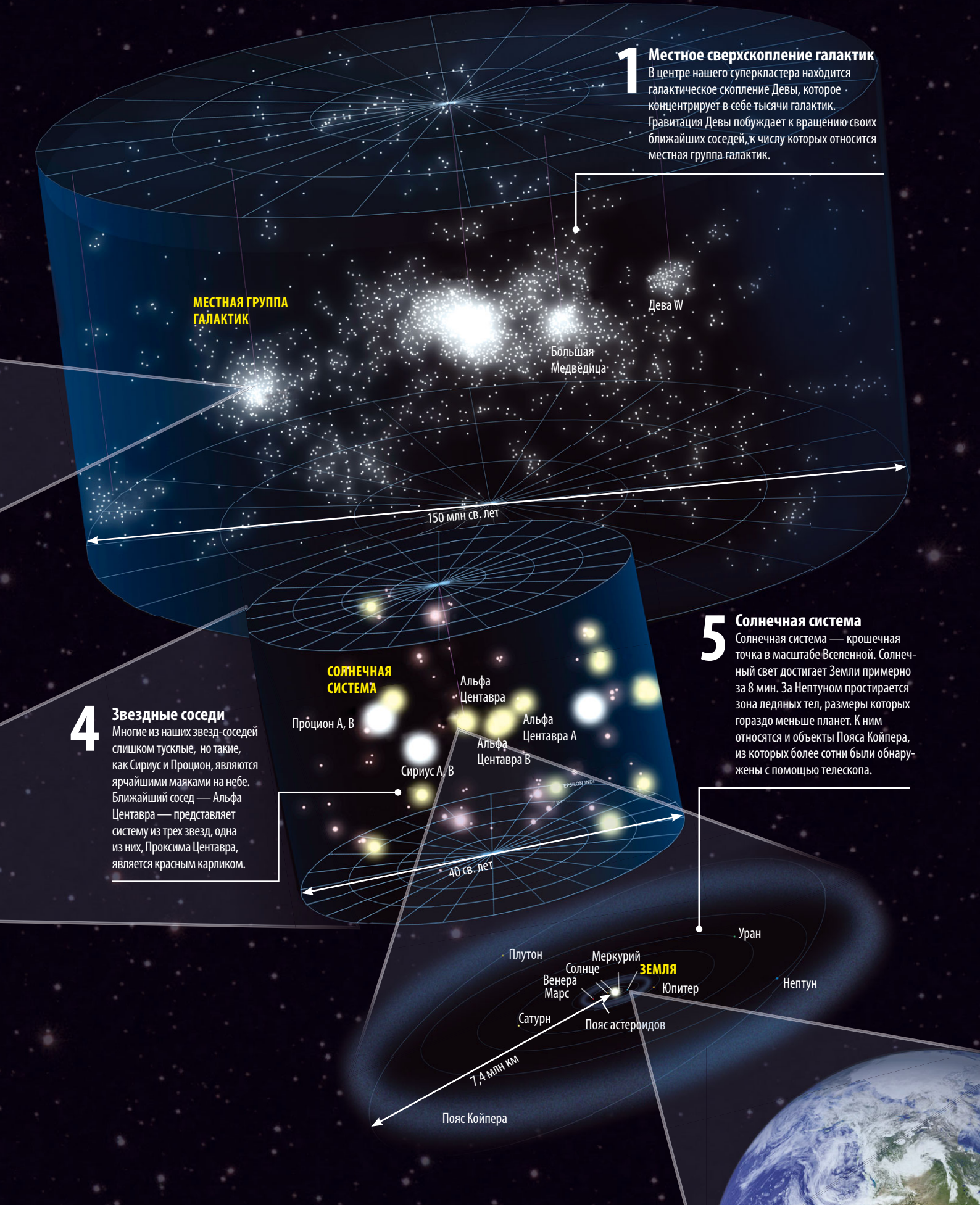
Нептун

Пояс астероидов

7,4 млн км

Пояс Койпера

**ЗЕМЛЯ**



# ДРУГИЕ ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ

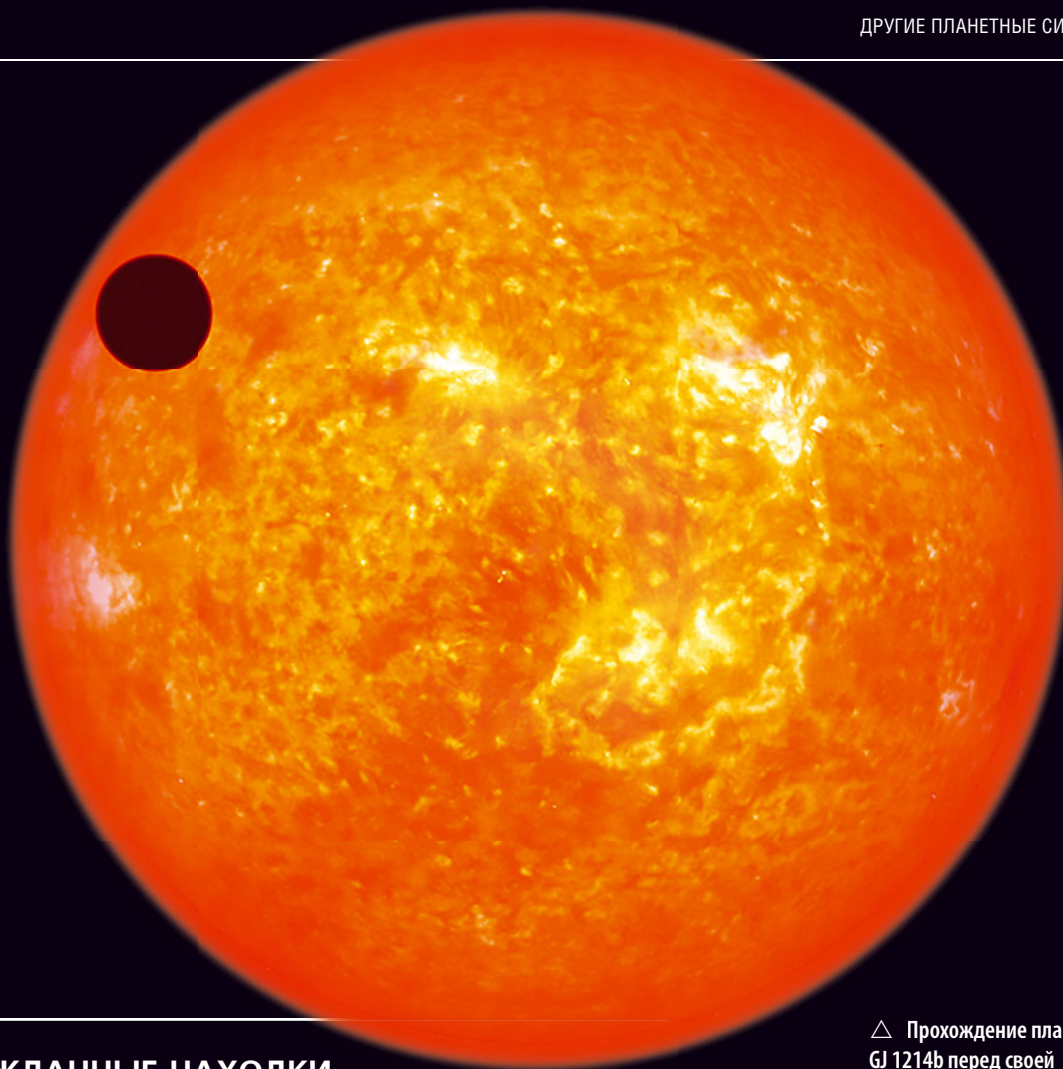
**О ТОМ, ЧТО ЗВЕЗДЫ — ЭТО ДАЛЕКИЕ СОЛНЦА, ВОКРУГ КОТОРЫХ МОГУТ ОБРАЩАТЬСЯ СВОИ ПЛАНЕТЫ, ПИСАЛ ЕЩЕ ВЕЛИКИЙ ИТАЛЬЯНСКИЙ УЧЕНЫЙ ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ ДЖОРДАНО БРУНО (1548–1600). ОДНАКО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ЭТОЙ ГЕНИАЛЬНОЙ ДОГАДКИ ПРИШЛОСЬ ЖДАТЬ ПОЧТИ 400 ЛЕТ. ДО КОНЦА XX ВЕКА УЧЕНЫЕ НЕ РАСПОЛАГАЛИ ТЕХНОЛОГИЯМИ, ПОЗВОЛЯЮЩИМИ ОБНАРУЖИТЬ РЯДОМ СО ЗВЕЗДОЙ НИЧТОЖНО МАЛЫЕ И ТУСКЛЫЕ ПО СРАВНЕНИЮ С НЕЙ ПЛАНЕТЫ.**

## ПРОГРЕСС НА СЛУЖБЕ НАУКИ

Только к 1980-м годам у астрономов появилась возможность систематически искать у других звезд планеты (сейчас для их отличия от планет Солнечной системы используется устойчивый термин — экзопланеты). Существует два основных метода, применяемые для этого. Первый — спектроскопическое измерение лучевых скоростей звезды (гравитация планет еле заметно влияет на ее положение в пространстве, заставляя чуть-чуть колебаться и вызывая смещение спектральных линий, так как звезда будет двигаться по своей собственной небольшой орбите в ответ на притяжение планеты). Второй — метод транзитов: измерение блеска звезды с целью заметить его ослабление при прохождении планеты на фоне звезды (микрозатмение). Оба метода предполагают чрезвычайно точные измерения. Наконец, в начале XXI века стало возможно изучать планеты путем прямого наблюдения, появились первые фотографии экзопланет.

▽ Экзопланета (газовый гигант) в представлении художника





△ Прохождение планеты GJ 1214b перед своей звездой в представлении художника

## ДОЛГОЖДАННЫЕ НАХОДКИ

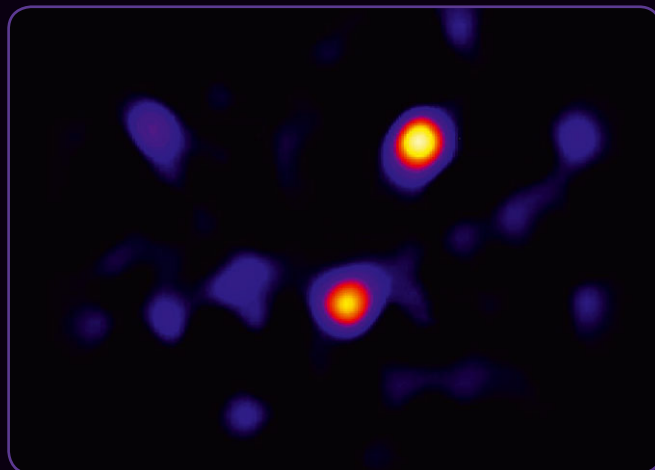
В 1991 году экзопланеты были обнаружены у нейтронной звезды — пульсара PSR 1257+12, их открыл астроном Александр Вольшчан, но найдены они были специфическим методом, пригодным только для пульсаров. Эти планеты были признаны вторичными, возникшими уже после взрыва сверхновой, в которой образовался пульсар.

Первой подтвержденной планетой у обычной звезды, к тому же похожей на Солнце, стала в 1995 году планета у звезды 51 Пегаса.

## КАНДИДАТЫ В ЭКЗОПЛАНЕТЫ

На 8 апреля 2016 года достоверно подтверждено существование 2107 экзопланет в 1349 планетных системах, из которых в 511 имеется более одной планеты. Космическим телескопом «Кеплер» на январь 2015 года было обнаружено еще 4175 кандидатов, однако для получения ими статуса подтвержденных планет требуется их повторная регистрация с помощью наземных телескопов.

▷ Прямое изображение экзопланет вокруг звезды HR 8799, полученное с использованием коронографа на телескопе Хейла. Звезда закрыта для ослабления света

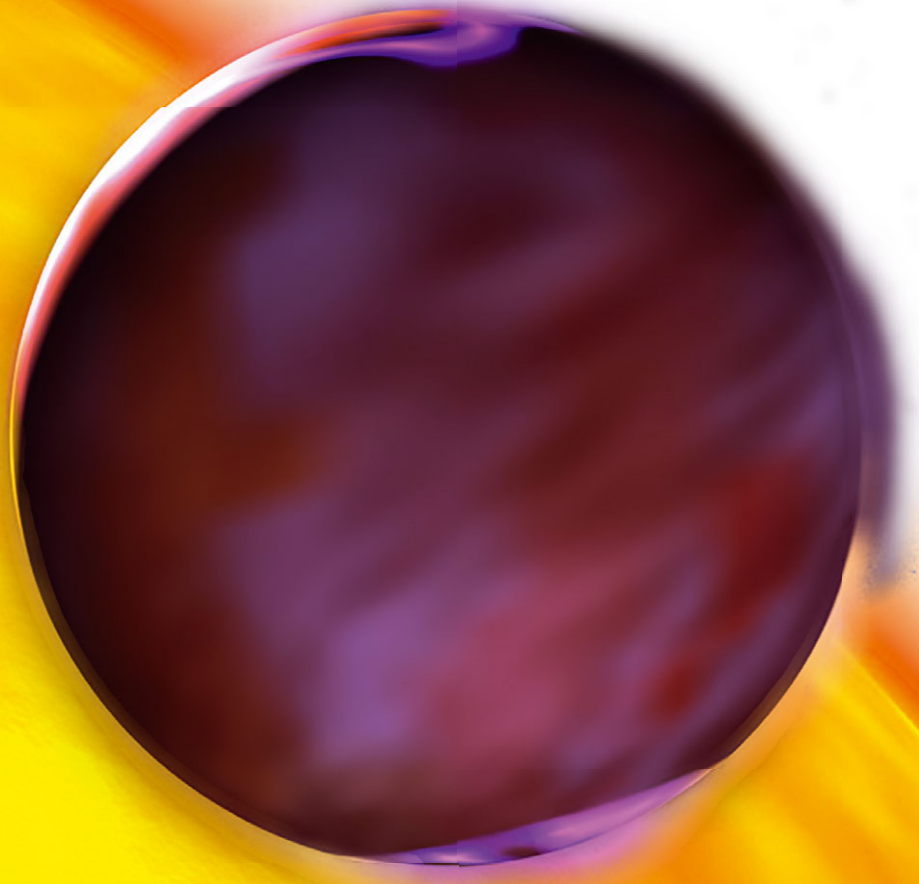




## ГОРЯЧИЕ ЮПИТЕРЫ

Большинство обнаруженных в настоящее время экзопланет по своим характеристикам совсем не похожи на знакомые нам планеты Солнечной системы. Особенно распространен среди них тип, который астрономы условно назвали горячими юпитерами. Как следует из названия, они обладают массой порядка массы Юпитера и, скорее всего, являются газовыми гигантами. Но в отличие от Юпитера и других планет-гигантов Солнечной системы горячие юпитеры находятся на очень близком расстоянии от своих звезд. Например, Юпитер находится на расстоянии 5 а. е. от Солнца, а типичный горячий юпитер — на расстоянии порядка 0,05 а. е. от своей звезды, то есть в 100 раз ближе, чем Юпитер от Солнца.

▽ Горячая экстрасолнечная планета XO-1 b в представлении художника



## Обнаружение горячих юпитеров

Из всех экзопланет горячие юпитеры обнаружить проще всего, так как они создают заметные короткопериодические возмущения в движении звезды, которые довольно легко увидеть по смещению линий спектра. Кроме того, у горячего юпитера больше вероятность прохождения перед диском звезды, что позволяет оценить размер планеты по уменьшению светимости звезды. Считается, что горячие юпитеры образуются на более далеких расстояниях от своих звезд, но постепенно мигрируют ближе к ним из-за торможения в газопылевом протопланетном диске.



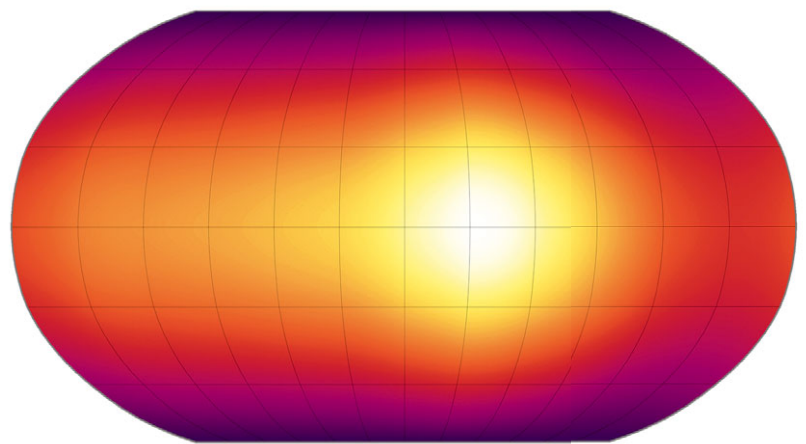
△ Кривая блеска звезды Kepler-6 (изменение вызвано прохождением экзопланеты Kepler-6 b по диску звезды) по данным телескопа «Кеплер»



△ Испарение атмосферы горячего юпитера HD 189733 A b в ответ на мощное извержение со звезды-«хозяина» в представлении художника

### Погода на горячем юпитере

Яркая представительница класса горячих юпитеров — планета HD 189733 A b, обращающаяся вокруг звезды HD 189733 A — оранжевого карлика в созвездии Лисичка. Это одна из самых горячих известных экзопланет. Температура ее поверхности достигает  $930\text{ }^{\circ}\text{C}$  на светлой стороне и не опускается ниже  $425\text{ }^{\circ}\text{C}$  на темной. Период обращения HD 189733 A b вокруг своей звезды составляет меньше двух с половиной дней — она в 30 раз ближе к ней, чем Земля к Солнцу. По размеру экзопланета немного больше Юпитера. Для HD 189733 A b впервые в истории исследования экзопланет удалось составить карту температур на поверхности.

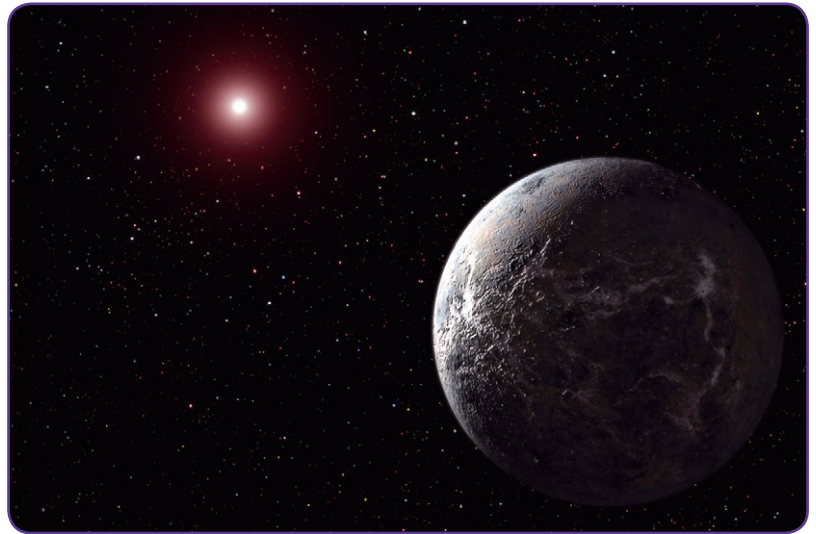


△ Глобальная карта температур на поверхности HD 189733 A b по данным телескопа «Спитцер»

## ПОИСК ЗЕМЛЕПОДОБНЫХ ПЛАНЕТ

Наиболее волнующим направлением исследования экзопланет является поиск планет, сходных по массе и условиям на поверхности с Землей. Первоначально такие объекты очень трудно было обнаружить, но по мере усовершенствования методов поиска интересные в этом плане находки стали появляться все чаще.

▷ Планета OGLE-2005-BLG-390L b (на переднем плане), которая обращается вокруг красного карлика, в представлении художника



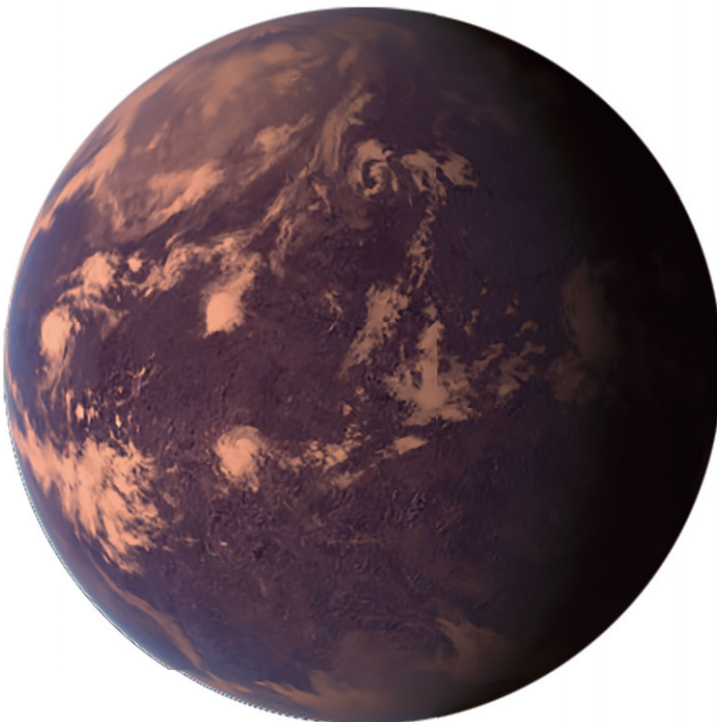
## СУПЕРЗЕМЛИ

Наши представления о природе экзопланет пока очень условны. О многом мы только догадываемся. Тем не менее точного аналога Земли (совпадающего по массе, температуре поверхности, а также характеристикам «родительской» звезды) среди экзопланет пока не найдено. Однако уже выделен целый класс экзопланет, получивших название суперземель. Их массы — 1–10 масс Земли (в другом варианте 5–10 масс Земли). Строение их, впрочем, может быть разным, и четкой грани между ними и планетами-гигантами типа Нептуна нет.

### Глизе 581 c — шанс на обитаемость

Глизе 581 c (Gliese 581 c) — планета в системе красного карлика. Расстояние до Земли — около 20 св. лет. Звезда слабее Солнца, но и планета ближе к ней, чем Земля. Параметры орбиты и массы делают ее потенциально обитаемой. В частности, сила тяжести на ней может быть равна 1,6 земной, а температура поверхности — от  $-3$  до  $+40$  °C.

▽ Сравнительные размеры экзопланеты Глизе 581 c и Земли



◁ Внешний вид Глизе 581 c в представлении художника

### Планета COROT-7 b

Некоторые из суперземель, судя по оценкам их плотности, несомненно, состоят из скальных пород. Однако условия на них могут существенно отличаться от земных. Например, планета COROT-7 b в 1,5 раза больше Земли и в 7,5 раза тяжелее ее. Она находится так близко к своей звезде, что делает оборот всего за 20 ч. Из-за приливных сил планета всегда повернута к своей звезде одной стороной. На освещенном полушарии находится океан кипящей лавы — температура поверхности достигает +2500...+2600 °С. На темной стороне планеты — «всего» +50 °С. Атмосфера такого «адского мира» состоит из испарившихся пород, и на поверхность выпадают каменные дожди.

**ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО, ПЛАНЕТА COROT-7 b МОЖЕТ БЫТЬ ОСТАТКОМ КАМЕННОГО ЯДРА ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТА ВРОДЕ ЮПИТЕРА ИЛИ САТУРНА, КОТОРАЯ ИЗ-ЗА БЛИЗОСТИ К ЗВЕЗДЕ В БУКВАЛЬНОМ СМЫСЛЕ ИСПАРИЛАСЬ.**

▽ Планета COROT-7 b в представлении художника



# ЗВЕЗДЫ

**ВСЕ ЗВЕЗДЫ, КАК И СОЛНЦЕ, — ГОРЯЧИЕ ГАЗОВЫЕ ШАРЫ, КОТОРЫЕ РОДИЛИСЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГРАВИТАЦИОННОГО СЖАТИЯ ГАЗОПЫЛЕВЫХ ОБЛАКОВ. В СТАБИЛЬНОМ СОСТОЯНИИ ИХ УДЕРЖИВАЕТ СИЛА СОБСТВЕННОГО ТЯГОТЕНИЯ И ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ. В НЕДРАХ ЗВЕЗД ПРОИСХОДЯТ РЕАКЦИИ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА.**

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД ПО ЦВЕТУ И СВЕТИМОСТИ

Узнать химический состав звезды помогает ее спектр — свет, разложенный на составные цвета с помощью спектроскопа. Химические элементы поглощают свет в разных участках спектра — радужной полоски, и в этих местах остаются темные линии. Чем горячее звезда, тем белее ее цвет, и наоборот — чем краснее, тем температура поверхности ниже. Основные компоненты большинства звезд — водород и гелий, однако во многих есть примеси тяжелых элементов вплоть до железа. Более холодные звезды содержат больше тяжелых элементов.



△ В рассеянном звездном скоплении NGC 3532 можно увидеть звезды разных типов

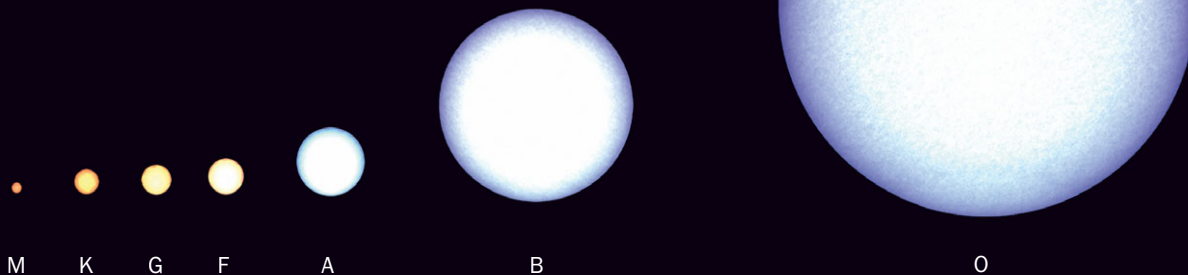
### Спектральные классы

Для удобства звезды разделены на спектральные классы, которые обозначаются буквами латинского алфавита O, B, A, F, G, K, M. Каждый класс делится на 10 подклассов. Наше Солнце, например, звезда класса G подкласса 2. Близкие по спектральному классу светила обозначаются от G0 до G9. Причем звезда с большим номером спектрального класса характеризуется меньшей температурой на поверхности. Чтобы запомнить последовательность классов, существует даже мнемоническая фраза: «Один бритый англичанин финики жевал, как морковь».

### СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ

КЛАСС	ТЕМПЕРАТУРА, К	ЦВЕТ
O	30 000–60 000	голубой
B	10 000–30 000	бело-голубой
A	7500–10 000	белый
F	6000–7500	желто-белый
G	5000–6000	желтый
K	3500–5000	оранжевый
M	2000–3500	красный

### ▽ Классификация звезд по спектру излучения



M

K

G

F

A

B

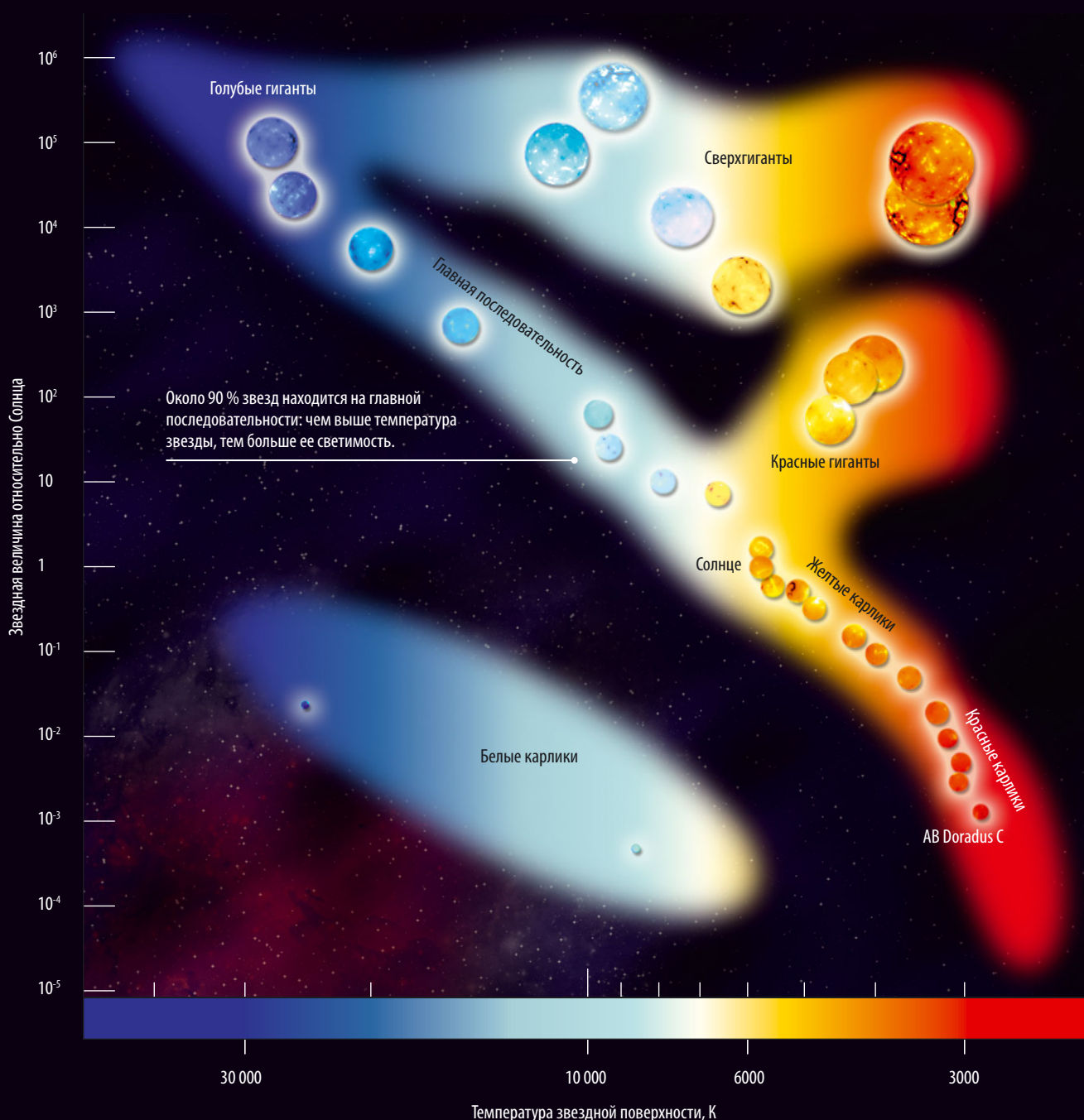
O

### Диаграмма «спектр-светимость»

По светимости и массе звезды сильно разнятся между собой. В 1910 году Эйнарс Герцшпрунг (Дания) и Генри Рассел (США) предложили диаграмму, показывающую зависимость светимости звезды от спектрального класса. Она известна как диаграмма «спектр — светимость», «цвет — светимость», «температура — светимость» или же диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Используется для классификации звезд и соответствует современным представлениям о звездной эволюции.

На диаграмме видно, что около 90 % звезд выстраиваются в диагональную линию — главную последовательность, в которой чем выше температура звезды, тем больше ее светимость. В верхнем левом углу — так называемые голубые гиганты, в нижнем правом — красные карлики. Существуют также красные гиганты и белые карлики. То, что звезды на диаграмме выстраиваются в четкие группы, не случайность, а отражение законов звездной эволюции.

▽ Диаграмма Герцшпрунга — Рассела



## ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД

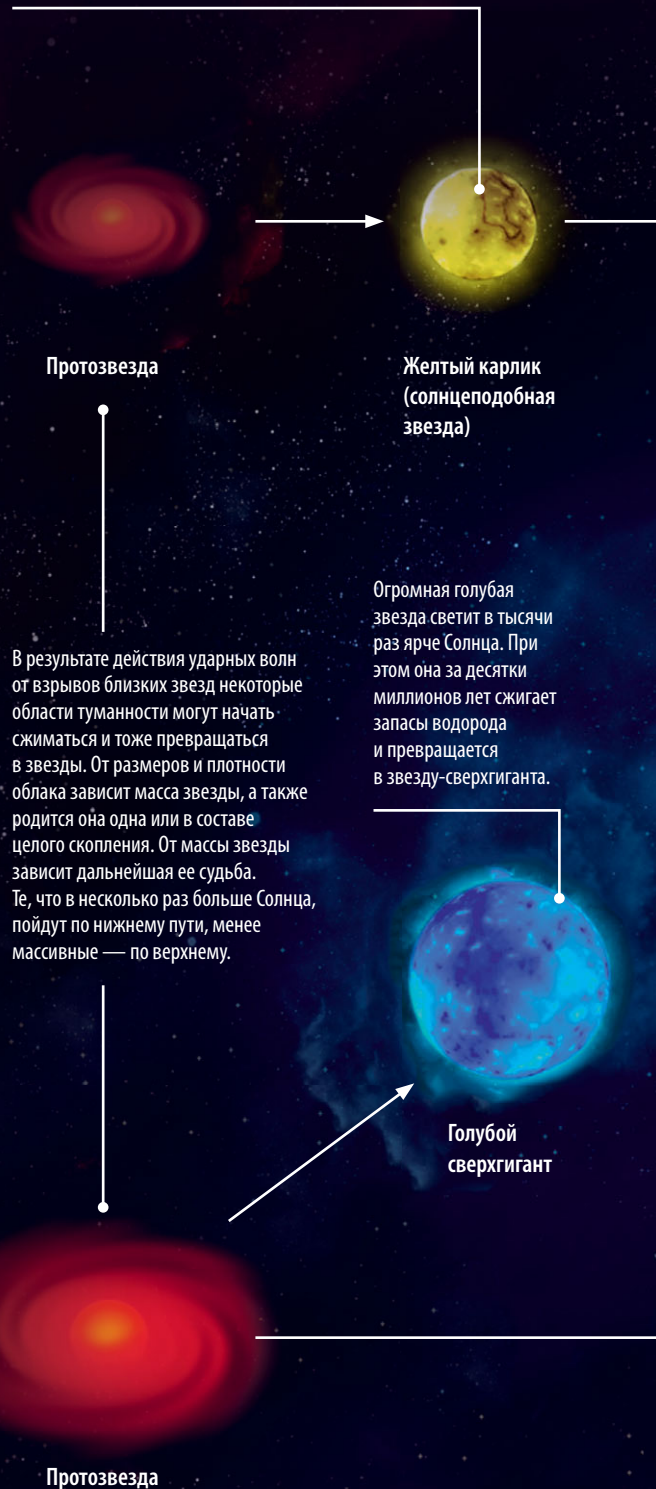
Все многообразие видов звезд — это не более чем отражение таких характеристик звезд, как масса и химический состав, и эволюционного этапа, на котором в данный момент находится звезда. Большинство звезд, в том числе Солнце, находится на этапе диаграммы «главная последовательность». На нем звезда находится большую часть своей жизни. В течение этого периода в недрах звезды идет реакция превращения водорода в гелий. Время жизни на главной последовательности определяется массой и долей элементов тяжелее гелия (металличностью).

### ▷ Эволюция звезд разной массы

Звезды рождаются в холодных газопылевых облаках — темных туманностях.

Звездные ясли

Стадия зрелости звезды протекает достаточно спокойно. Она постепенно сжигает водород, превращая его в гелий, и не претерпевает в течение длительного времени глобальных изменений. В середине этой стадии сейчас находится Солнце.



В стадии красного гиганта запас водорода исчерпан, ядро сжимается, и температура значительно возрастает. Начинается сжигание гелия, при котором выделение энергии многократно увеличивается — и звезду раздувает до огромных размеров.

Затем звезды образуют планетарные туманности, богатые такими важными для жизни элементами, как углерод, кислород и азот. Остатки этих туманностей войдут в состав облаков, в которых родятся новые звезды.

Через тысячи лет планетарная туманность рассеивается и остается только ядро звезды — белый карлик. Это очень плотная звезда размером с Землю и плотностью 100 млн т/см<sup>3</sup>. В ней не происходят ядерные реакции, поэтому она обречена на медленное остывание в течение миллиардов лет.

Красный гигант

Планетарная туманность

Белый карлик

Более массивную звезду после стадии красного гиганта ждет яркое будущее. В ее недрах происходят сложные ядерные реакции, которые в результате приводят к большому взрыву, затмевающему целые галактики, — вспышке сверхновой.

Колоссальная вспышка сверхновой завершает жизнь массивной звезды.

Сверхновая I типа

Сверхновая II типа

В стадии сверхгиганта звезда имеет небольшую продолжительность жизни — не больше нескольких миллионов лет — и затем взрывается.

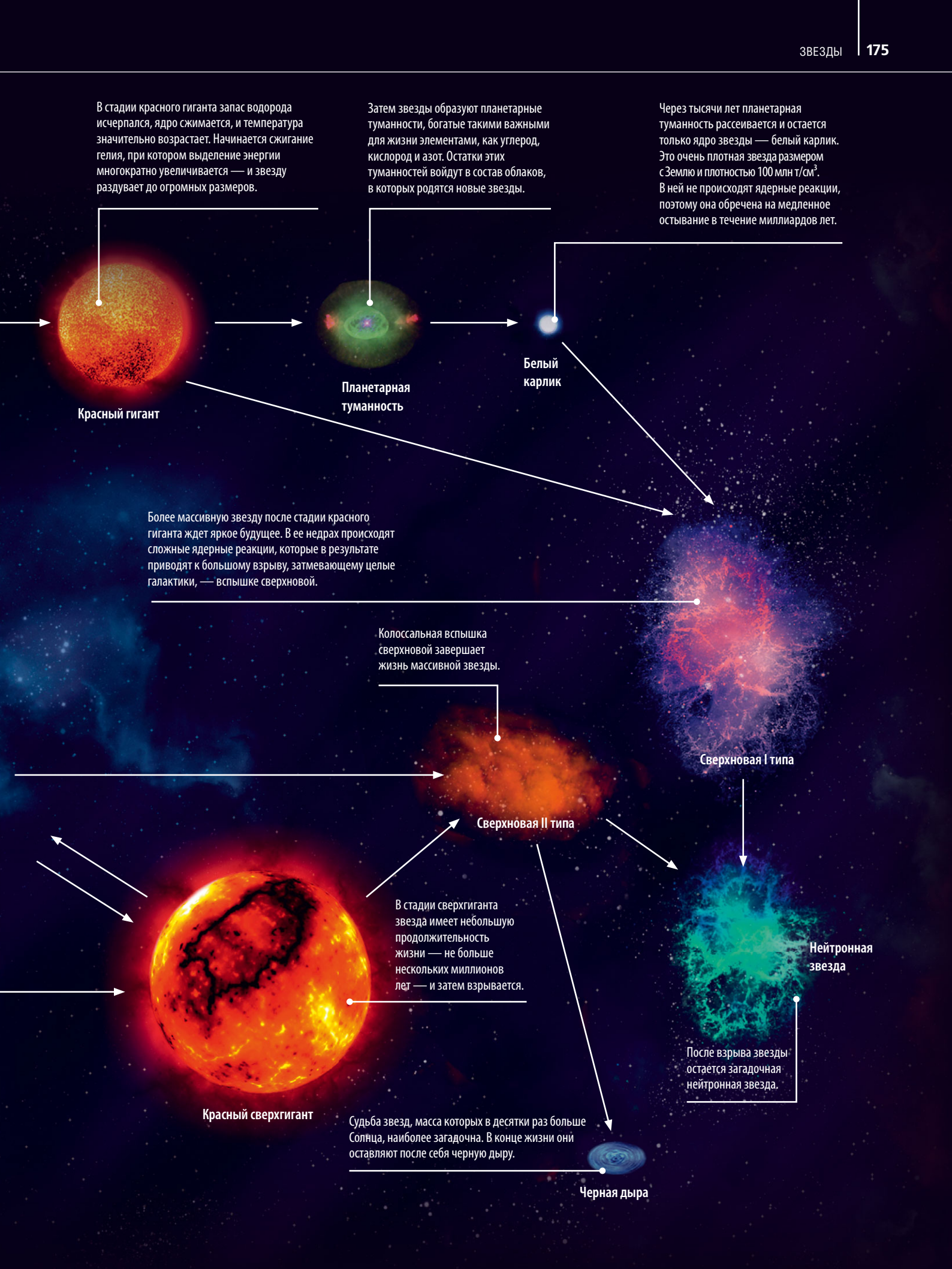
Нейтронная звезда

После взрыва звезды остается загадочная нейтронная звезда.

Красный сверхгигант

Судьба звезд, масса которых в десятки раз больше Солнца, наиболее загадочна. В конце жизни они оставляют после себя черную дыру.

Черная дыра



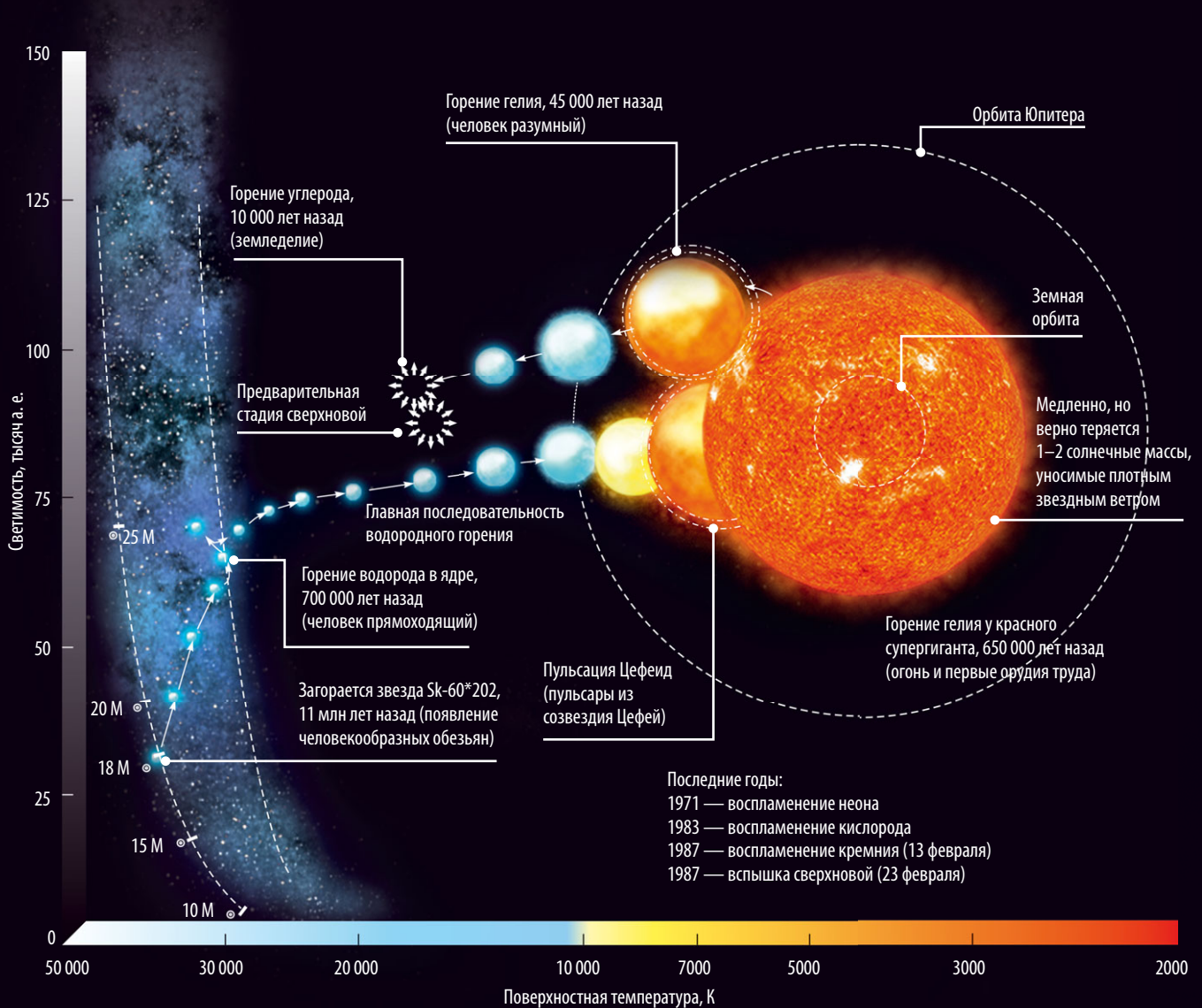


## СРОК ЖИЗНИ ЗВЕЗД

Существование голубых гигантов и сверхгигантов продолжается от нескольких миллионов до сотен миллионов лет. Потом они взрываются, и эти взрывы называются вспышками сверхновых. Звезды типа Солнца живут на главной последовательности примерно 10 млрд лет. Красные гиганты и белые карлики — это звезды солнечного типа на поздних стадиях эволюции. Когда в недрах звезды прекращается ядерное горение водорода и начинает гореть гелий, ее газовая оболочка раздувается и охлаждается, следовательно, краснеет. В конце концов, звезда сбрасывает оболочку и превращается в планетарную туманность, которая постепенно рассеивается, а ее сверхплотное ядро становится белым карликом.

Маленькие и холодные красные карлики живут многие миллиарды лет. Срок их жизни больше возраста Вселенной (13,8 млрд лет), и ни один еще не завершил своей эволюции.

### Эволюция сверхновой SN1987A в Большом Магеллановом Облаке на фоне земной эволюции

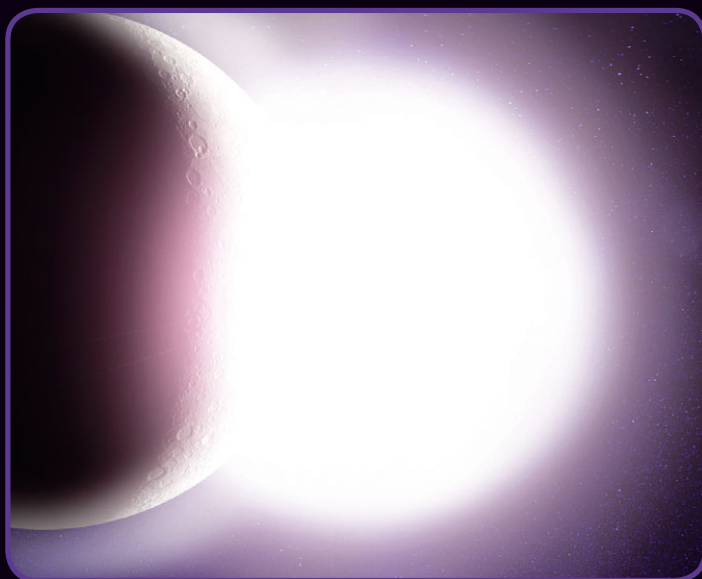


## ГИГАНТЫ И СВЕРХГИГАНТЫ

Гиганты отличаются от звезд главной последовательности значительно более высокой светимостью (и радиусом) при одинаковом цвете и температуре поверхности. Яркие горячие звезды главной последовательности (левый верхний угол диаграммы Герцшпрунга — Рассела) тоже можно отнести к классу белых гигантов. Примерная оценка светимости гигантов — от 100 до 1000 светимостей Солнца. Звезды, чья светимость выше солнечной в 10 000–100 000 раз, называются сверхгигантами и гипергигантами.

### Красные сверхгиганты

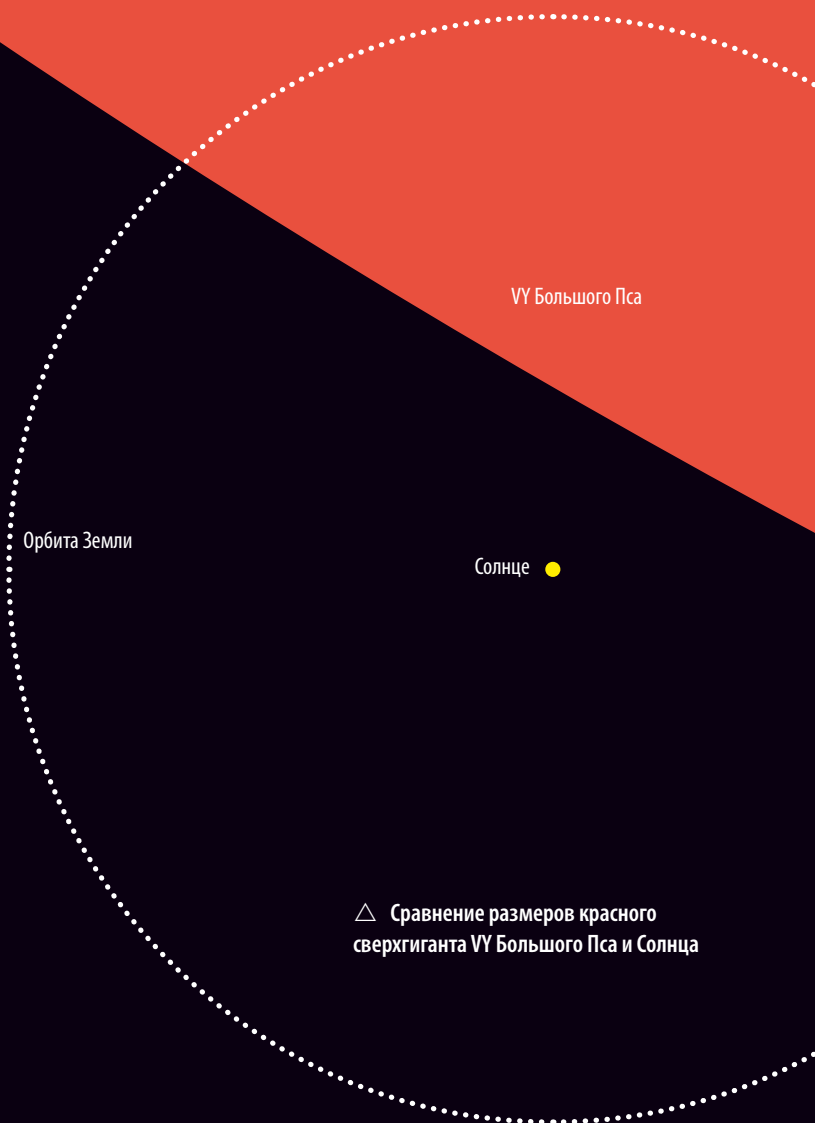
Красные гиганты и сверхгиганты — самые крупные звезды во Вселенной. Их радиус может достигать 200–1500 солнечного, хотя в целом их атмосферы очень разрежены. Средняя плотность красных гигантов может быть в миллион раз меньше плотности воды (для сравнения, средняя плотность Солнца примерно равна плотности воды —  $1 \text{ г/см}^3$ ). В жизненном цикле звезды стадия красного гиганта может наступить дважды. Это молодые звезды, в которых еще не началось горение водорода, или звезды на завершающих этапах эволюции, после того как произошло выгорание водорода и начались реакции с участием гелия.



△ Голубой сверхгигант Лебедь OB2-12 и его гипотетическая планета в представлении художника

### Голубые сверхгиганты

Голубые сверхгиганты — молодые очень горячие и яркие звезды с температурой поверхности 20 000–50 000 °С. Их масса находится в пределах 10–50 солнечных масс, максимальный радиус достигает 25 солнечных радиусов. Из-за огромных масс они живут очень недолго (10–50 млн лет). Красный сверхгигант может превратиться в голубой. В определенной фазе умирания красного гиганта интенсивность термоядерных реакций в его ядре снижается, что приводит к сжатию звезды. В результате значительного уменьшения площади поверхности увеличивается плотность излучаемой энергии, а это, в свою очередь, влечет нагрев поверхности. Такого рода сжатие массивной звезды приводит к превращению красного сверхгиганта в голубой. Возможен также обратный процесс.

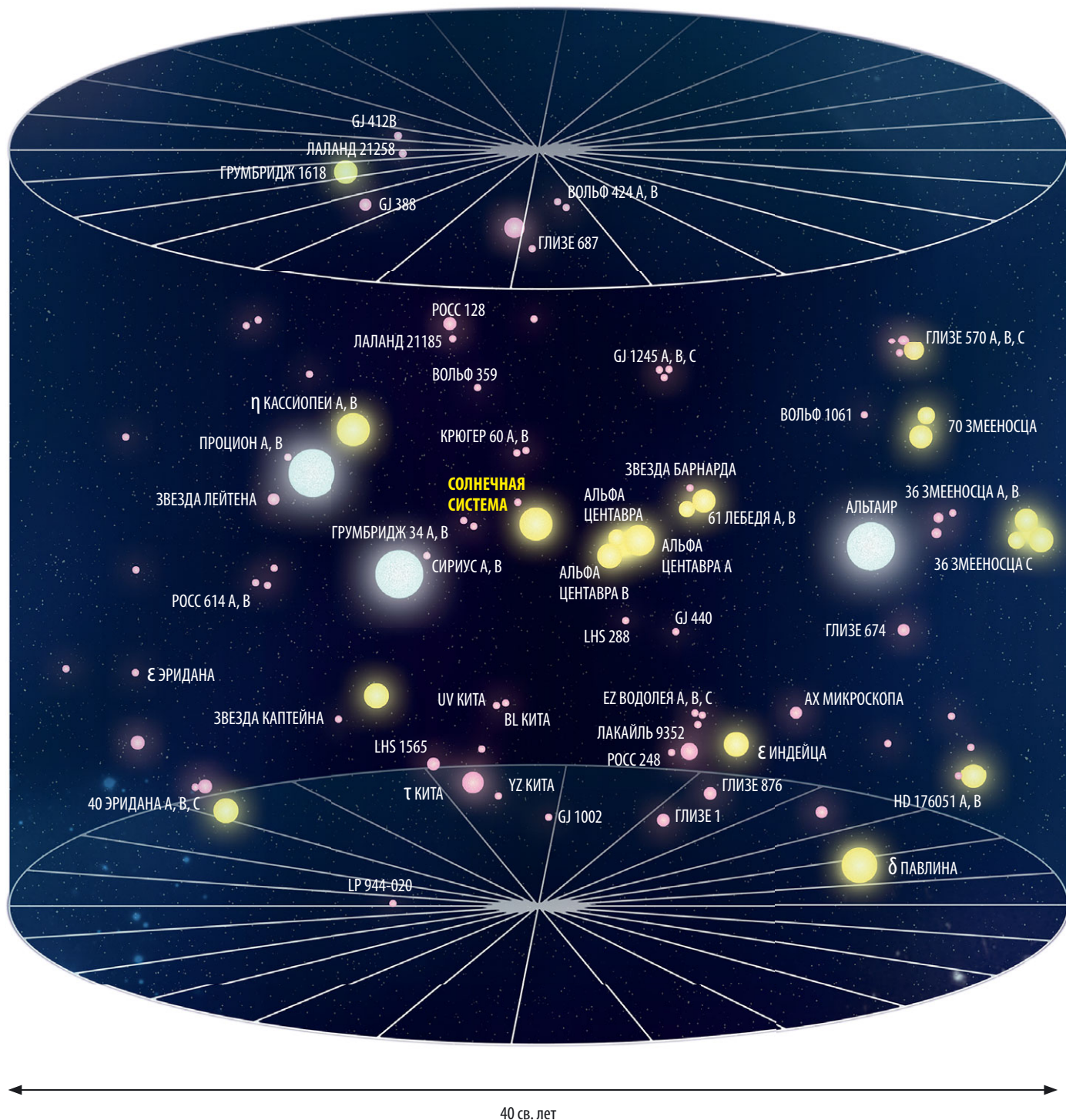


△ Сравнение размеров красного сверхгиганта VY Большого Пса и Солнца

## ЖЕЛТЫЕ И КРАСНЫЕ КАРЛИКИ

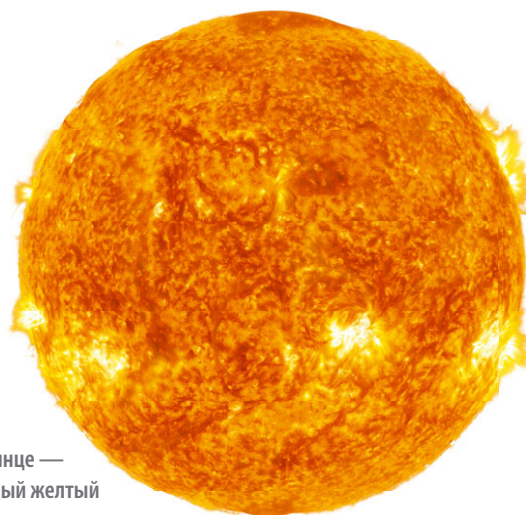
Звезды-гиганты заметны издалека, но намного более распространены во Вселенной звезды небольшой массы и светимости. Их принято называть карликами, но не будем смотреть на них снисходительно, ведь вокруг одного из желтых карликов — Солнца — вращается наша планета!

▽ Большинство звезд в окрестностях Солнца — желтые и красные карлики



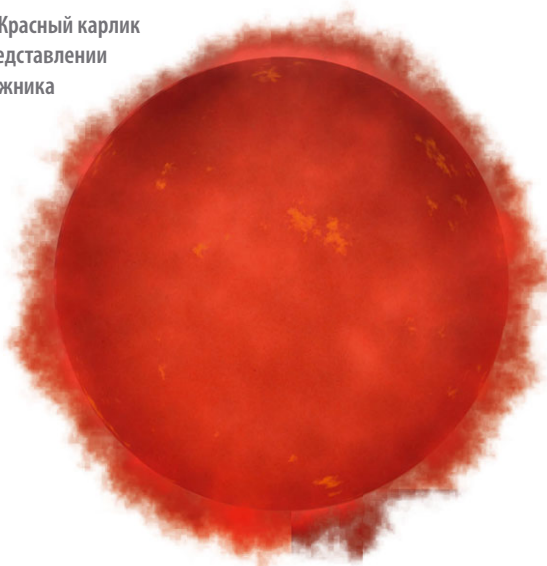
### Желтые карлики

Желтые карлики — звезды главной последовательности, спектрального класса G. Их масса — от 0,8 до 1,2 массы Солнца, температура поверхности — 5000–6000 К. В окрестностях Солнца находятся еще две звезды такого типа — α Центавра А, один из компонентов тройной системы Альфа Центавра (до нее 4,3 св. года), и τ Кита (12 св. лет). Вокруг τ Кита обнаружена планетная система, одна из планет которой лежит в зоне обитаемости. Правда, количество пыли здесь примерно в 10 раз больше, чем в нашей Солнечной системе. Это создает повышенную угрозу метеоритных бомбардировок и ставит под сомнение вероятность развития высокоорганизованной жизни.



▷ Солнце — типичный желтый карлик

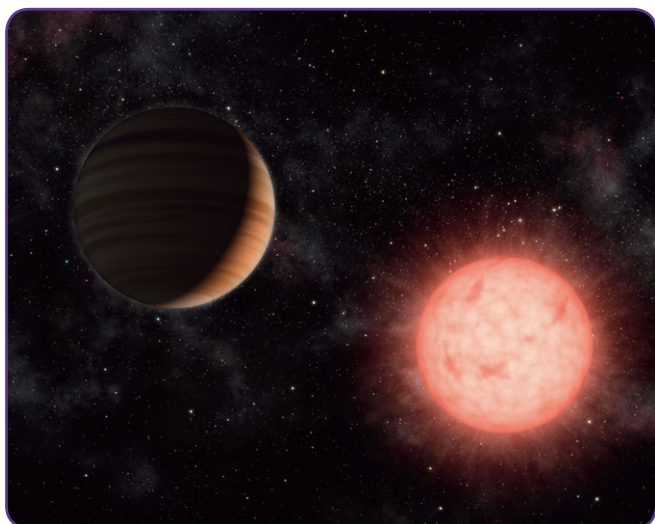
▷ Красный карлик в представлении художника



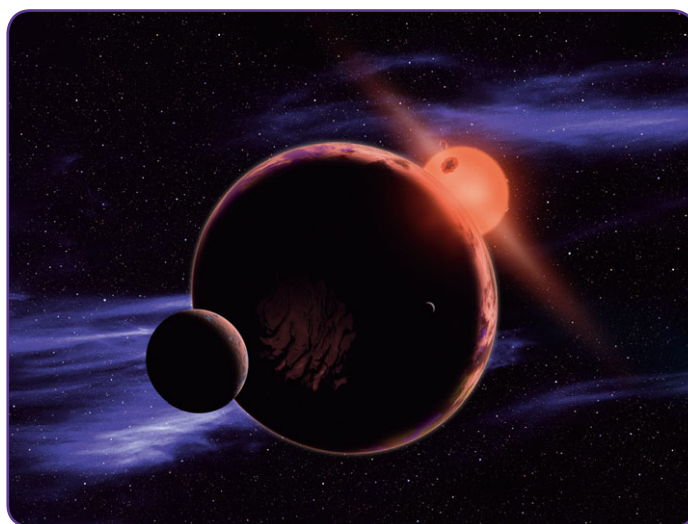
### Красные карлики

Самым многочисленным и распространенным типом звезд во Вселенной являются, по-видимому, красные карлики. Ближайшая к нам звезда — Проксима Центавра (третий компонент системы Альфа Центавра) — принадлежит именно к этому классу. Несмотря на близость к Солнцу, Проксима Центавра не видна невооруженным глазом. Ее диаметр в 7 раз меньше Солнца и всего в 1,5 раза больше Юпитера, масса тоже в 7 раз меньше солнечной (а вот Юпитер она превосходит уже в 150 раз). В целом же масса красных карликов не превышает  $\frac{1}{3}$  солнечной массы. Температура их поверхности — не выше 3500 К, а светимость иногда в 10 000 раз меньше солнечной.

Несмотря на такое малое количество света и тепла, красные карлики тоже рассматриваются как кандидаты на наличие обитаемых планет. Главный аргумент «за» — большая продолжительность их жизни и долгое сохранение неизменных условий.



△ Планета рядом с красным карликом в представлении художника



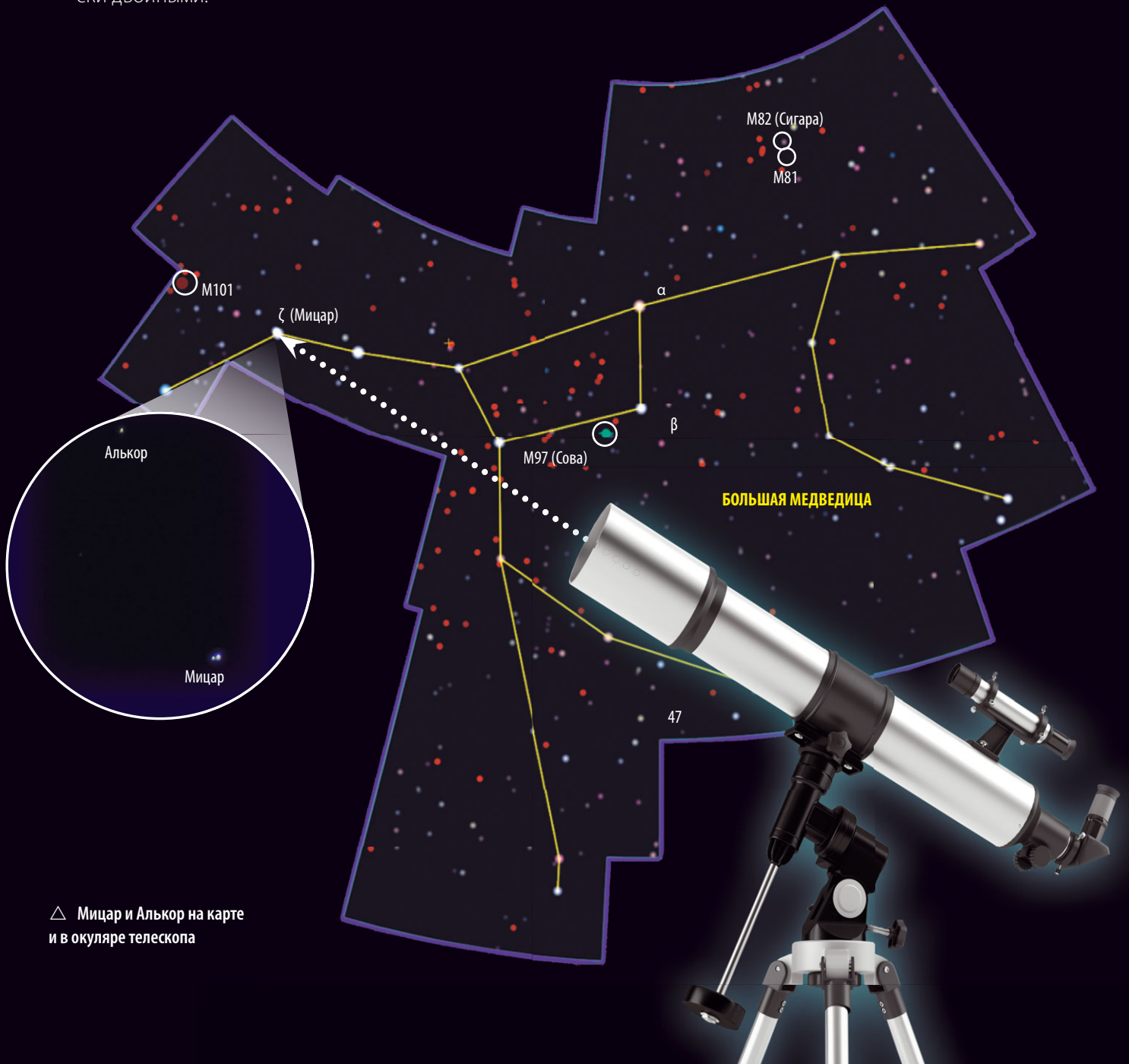
△ Планета с двумя спутниками в обитаемой зоне красного карлика в представлении художника

## ☉ ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Примерно половина звезд во Вселенной формируются и живут не в одиночку, а в системах из двух и более объектов. Конечно, не всякие две звезды, видимые на небе недалеко друг от друга, на самом деле физически связаны между собой, ведь наш глаз не различает расстояний, и эти звезды могут быть разделены сотнями и тысячами световых лет. Такие звезды именуют оптическими двойными. Но очень часто звезды в действительности находятся близко друг к другу и испытывают гравитационное взаимодействие. Их называют физически двойными.

### Мицар и Алькор

Одна из двойных звезд, известных людям с древности, — это Мицар (звезда в созвездии Большая Медведица). Рядом с ней зоркий глаз разглядит слабую звездочку — Алькор. Но в телескоп видно, что Мицар состоит из двух звезд. С помощью спектрального анализа доказано, что каждая из трех звезд (Мицар А, Мицар В и Алькор) — двойная! Таким образом, перед нами система из шести звезд, и они связаны физически.



△ Мицар и Алькор на карте и в окуляре телескопа



△ Оптическая двойная звезда α Козерога

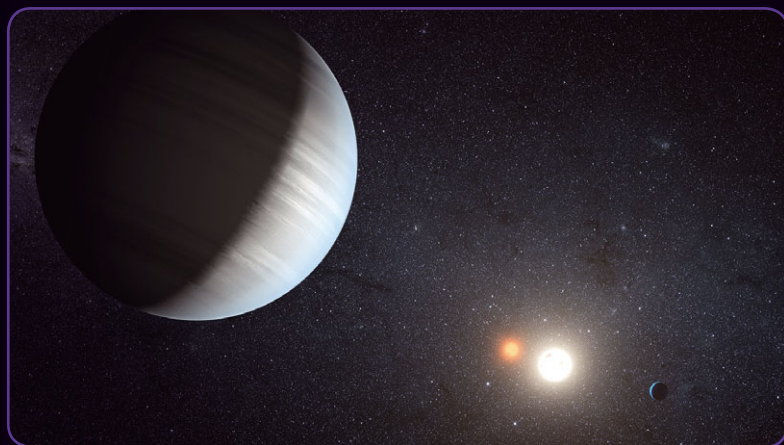
### Звезды, касающиеся друг друга

Многие тесные пары двойных звезд настолько близки друг к другу, что их поверхности соприкасаются. Вещество в таких парах может перетекать с одной звезды на другую, в связи с чем в системах иногда наблюдаются катастрофические процессы, такие как вспышки новых и сверхновых.

Если плоскость орбит тесной пары лежит вблизи луча зрения земного наблюдателя, одна звезда может периодически затмевать другую, а мы увидим изменение блеска системы, сливающейся для нас в один объект. Самая известная такая звезда (их называют затменно-двойными или затменно-переменными) — Алголь в созвездии Персей.



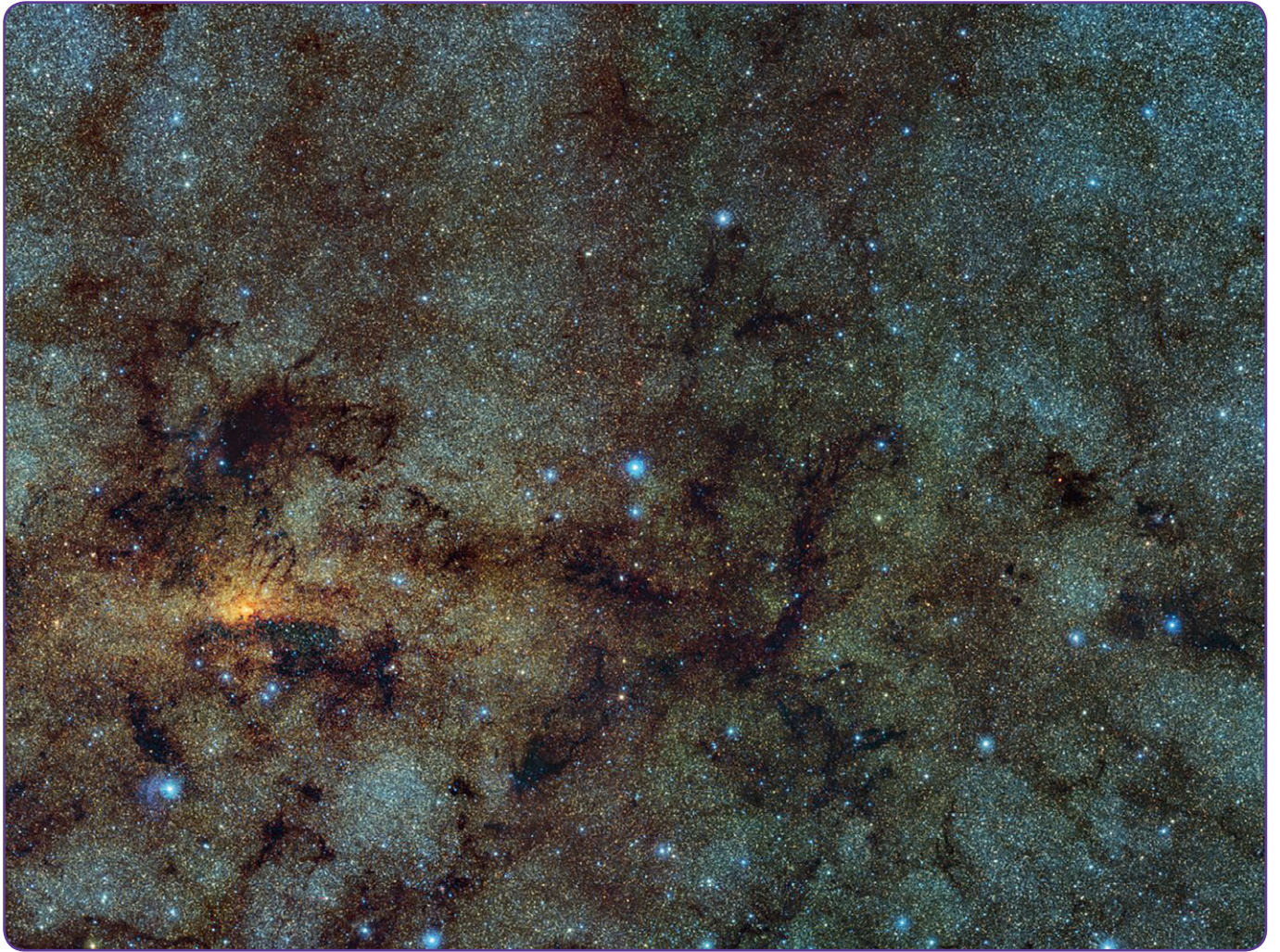
△ Тесная двойная голубая звезда в представлении художника



### Планеты двух солнц

В настоящее время в двойных системах открыты и экзопланеты. По данным 2012 года, планетных систем у двойных звезд насчитывалось 64. В 54 из них планеты вращались вокруг одной из звезд-компаньонов, а в 7 системах — вокруг обеих звезд.

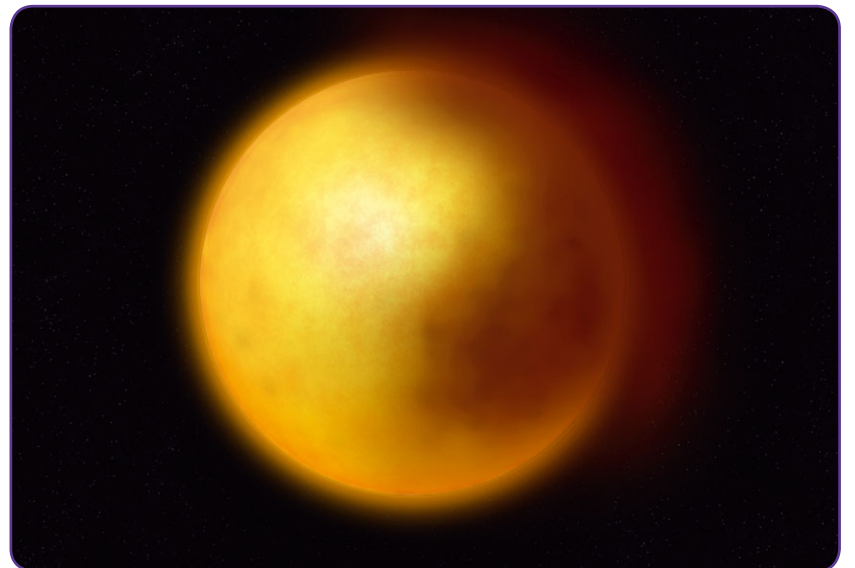
◁ Экзопланета, находящаяся в двойной системе Kepler-47, в представлении художника



△ Изображение центральной части Млечного Пути, полученное инфракрасным обзорным телескопом VISTA. В этом звездном поле астрономы обнаружили несколько переменных звезд типа RR Лиры

## ◎ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

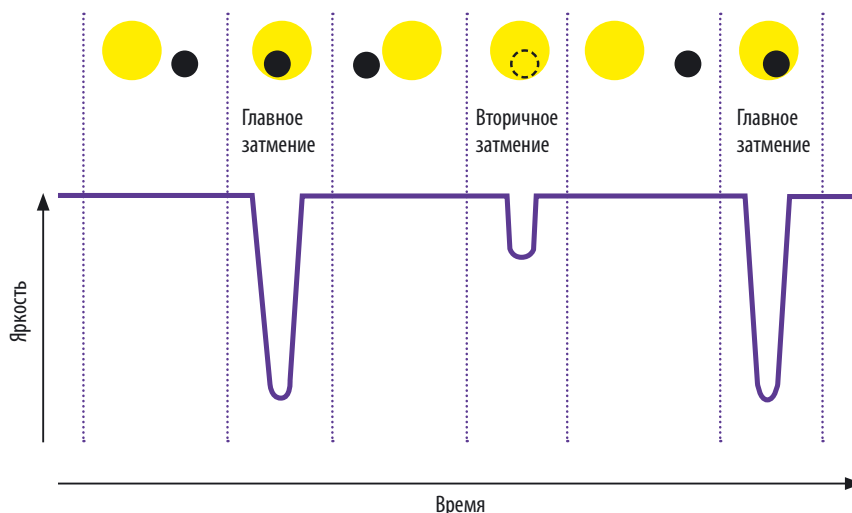
В эпоху Древнего мира и в Средние века звездное небо служило эталоном постоянства. Светила двигались по небесному своду изо дня в день, из века в век, узор созвездий был неизменным, Солнце, Луна и планеты перемещались строго по своим орбитам. Но эту стройную картину время от времени нарушали непонятные явления. То проплывет по небу комета, то пронесется метеор. А потом обнаружилось, что не так постоянны, как кажется на первый взгляд, и звезды. Время от времени на небе вспыхивали, а затем гасли новые. Начиная с XVII века астрономы стали замечать, что некоторые звезды меняют свой блеск.



△ Звезда R Северной Короны в представлении художника. Уменьшает свой блеск из-за углеродных облаков, закрывающих ее поверхность

### Первые наблюдения

В 1638 году была замечена переменность звезды о Кита, позже получившей имя Мира, что означает «удивительная». Однако она недолго оставалась уникальным и удивительным объектом. В 1669 году была описана переменность звезды Алголь —  $\beta$  Персея. В 1784 году английский астроном Джон Гудрайк верно объяснил причину переменности — взаимные затмения компонентов тесной звездной пары. Сейчас такие звезды называются затменно-переменными.



△ Схема затмений и кривая изменения блеска затменно-переменной звезды

### Разные причины переменности звезд

Переменность многих звезд объясняется не затмениями, а периодическими пульсациями самой звезды. Они могут быть правильными и повторяться из цикла в цикл, а могут быть и менее правильными. Некоторые типы переменных звезд меняют блеск не в результате пульсаций, а из-за процессов, схожих с проявлениями активности нашего Солнца, но в гораздо более крупных масштабах. В атмосферах звезд могут наблюдаться гигантские темные пятна, занимающие значительную часть их поверхности и служащие причиной ослабления блеска. Светящуюся поверхность звезды могут закрывать от нас и темные углеродные облака.

На поверхностях других звезд происходят вспышки, превосходящие по мощности солнечные в десятки тысяч раз. Это многократно увеличивает светимость звезды на короткое время.

▽ Вспышка на звезде EV Ящерицы в представлении художника







### Цефеиды

Один из распространенных типов переменных звезд — цефеиды — назван по первой открытой звезде такого типа —  $\delta$  Цефея. Это пульсирующие переменные звезды. Они сыграли большую роль в развитии астрономии — их используют для определения расстояний во Вселенной.

△ Цефеида RS Кормы. Снимок космического телескопа «Хаббл»

### История изучения

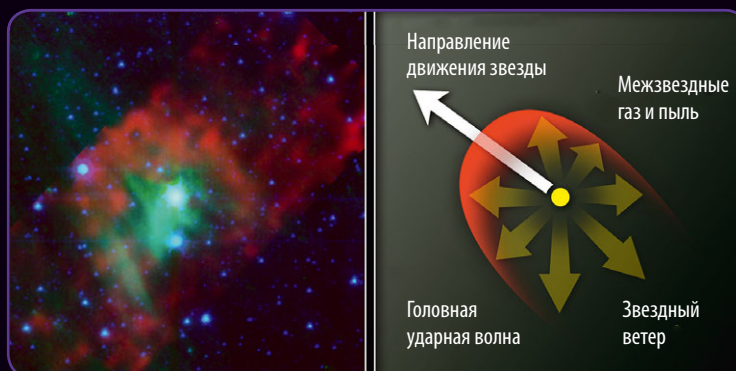
Колебания блеска  $\delta$  Цефея впервые обнаружил и изучил Джон Гудрайк в 1784 году. Они происходят с периодом в 5 дней и 9 ч. Подъем блеска длится быстрее, чем спад. Спектральные исследования, которые были проведены намного позже Гудрайка, показали, что звезда пульсирует: ее диаметр то уменьшается, то увеличивается, причем при наибольшем сжатии наступает максимум блеска, при наибольшем расширении — минимум. Кроме того, в минимуме блеска (и максимальном диаметре звезды) она является звездой спектрального класса G2 (как Солнце). Сжимаясь же (и набирая яркость), она увеличивает и температуру, становясь звездой спектрального класса F5.

### Характеристика цефеид

$\delta$  Цефея в 2000 раз больше Солнца по светимости. Она образует сильный звездный ветер, в результате которого теряет вещество в объеме примерно 1 массы Солнца за 1 млн лет. Результатом этого истечения вещества является формирование ударной волны и туманности около 1 парсека в поперечнике вблизи звезды. Такие особенности кривой блеска и физических характеристик свойственны цефеидам. Все они относятся к гигантам или сверхгигантам.

▷ **Головная ударная волна вокруг  $\delta$  Цефея**  
(изображение слева получено космическим телескопом «Спитцер» в инфракрасном свете)

▷ **Положение  $\delta$  Цефея на карте звездного неба**



### Точка отсчета расстояний

Период изменения блеска цефеиды и ее масса (а значит, и яркость) связаны между собой. Чем ярче средний блеск цефеиды, тем больше период его изменения. Это значит, что по периоду изменения блеска мы можем определить истинную яркость звезды и, сравнив ее с видимым блеском, вычислить расстояние до нее. Вот почему цефеиды служат удобным инструментом определения межзвездных расстояний. Их находят даже в других галактиках и определяют расстояние до далеких звездных островов.

### Первая обнаруженная переменная

Мира (о Кита) — первая открытая человечеством переменная звезда. У нее очень велики и период, и амплитуда изменения блеска. Между двумя максимумами проходит в среднем 332 дня (11 месяцев). В максимуме блеска она иногда достигает звездной величины  $2^m$  (чаще  $3^m$ ) и хорошо видна невооруженным глазом. В минимуме блеска она соответствует величине  $10^m$  и видна только в телескоп. Светимость ее падает в сотни раз.

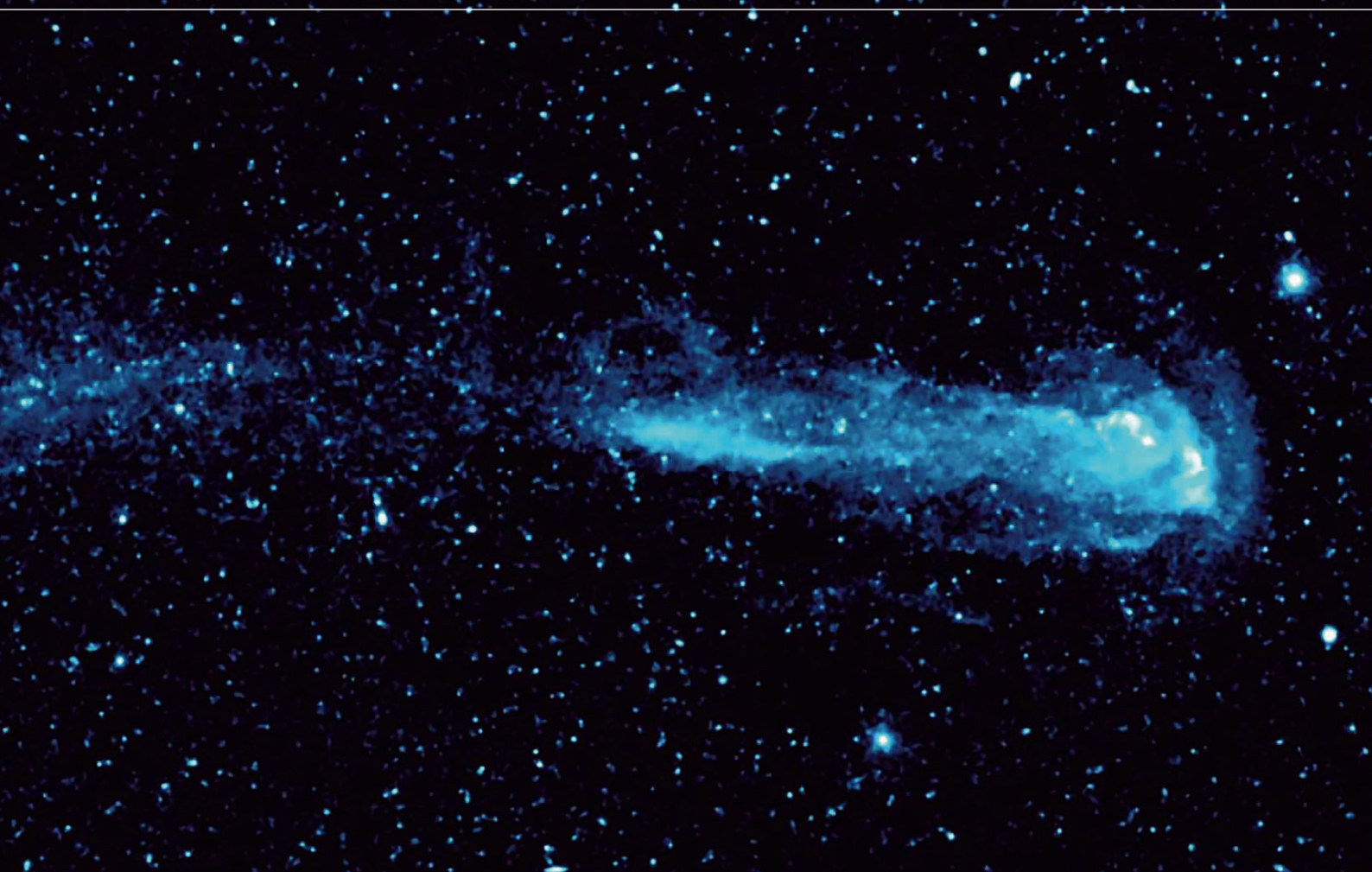
### Характеристика Миры

Мира — двойная звезда. Большой компонент пары — красный гигант, а его спутник — белый карлик, своим тяготением «высасывающий» вещество с красного гиганта и образующий из него вокруг себя горячий аккреционный диск. Кроме того, за Мирой тянется гигантский газовый хвост, похожий на хвост кометы, но его длина — 13 св. лет (напомним, что от нашего Солнца до ближайшей звезды — Проксима Центавра — всего 4,2 св. года).

Причиной образования хвоста, по-видимому, является движение Миры сквозь галактическое облако газа в сторону, противоположную его собственному движению, со скоростью 130 км/с.

Вычисления показывают, что материя, находящаяся в конце хвоста, была сброшена Мирой примерно 30 000 лет назад. Массу, эквивалентную массе Земли, Мира теряет каждые 10 лет. Материи, сброшенной ею за последние 30 000 лет, достаточно для образования 3000 планет размером с Землю или 9 планет размером с Юпитер.

△ Хвост Миры. Снимок в ультрафиолетовых лучах орбитального телескопа GALEX



### Мириды

Мира стала прародительницей класса переменных звезд — мирид. Все они относятся к красным гигантам и находятся на конечных этапах своей эволюции. В течение миллиона лет мириды должны сбросить свою оболочку и превратиться в белых карликов.

▷ Мирида  $\chi$  Лебедя  
с расстояния 48 а. е.  
в представлении художника





## ☉ НОВЫЕ

Время от времени на небе происходит явление, которое в древности воспринимали как появление новых, не существовавших ранее звезд. На небе действительно вспыхивает звезда, которой никогда раньше не было на этом месте. Но спустя несколько дней или недель ее блеск начинает уменьшаться. В конце концов она исчезает без следа и не появляется снова. Для таких звезд исторически прижилось название «новые».

△ Двойное скопление в созвездии Персей.  
Вид в любительский телескоп

---

**ВСПЫШКИ НОВЫХ — ЭТО ОДНА  
ИЗ СТАДИЙ УМИРАНИЯ ЗВЕЗДЫ,  
А НЕ РОЖДЕНИЕ НОВОЙ.**

---

### Сложные отношения в звездных парах

Звезды, вспыхивающие как новые, — это тесные двойные звезды, в которых один компаньон — обычная звезда, а другой — белый карлик, то есть фактически мертвое ядро звезды, сбросившее верхнюю оболочку, чрезвычайно плотное. Термоядерные реакции, происходящие в обычных звездах, в белом карлике уже не идут. Однако с близкой звезды-компаньона к нему перетекает часть ее вещества (такой процесс называется аккрецией). Когда накопленное вещество достигает критической массы, в недрах белого карлика запускаются термоядерные реакции, происходит взрыв, и накопленная газовая оболочка сбрасывается, уносясь в космическое пространство. Обе звезды, тем не менее, остаются целыми.

▷ Аккреция вещества на белого карлика в представлении художника



### В ожидании повторных вспышек

Процесс аккреции после взрыва начинается снова. Таким образом, одна и та же звезда может много раз вспыхивать как новая, вопрос только в периодичности. Чем меньше мощность вспышки, тем короче период. Классические новые, увеличивающие свой блеск в среднем на 12 звездных величин, должны иметь периоды порядка тысячи лет, и тогда понятно, почему мы еще не видели их повторных вспышек. А вот звезда Т Северной Короны, изменявшая свой блеск на 9 звездных величин (и достигавшая в максимуме величины  $2^m$ ), вспыхивала уже дважды за 80 лет: в 1866 и 1946 годах. Ждем 2026 года.

◁ Положение Т Северной Короны на карте звездного неба



## СВЕРХНОВЫЕ

Иногда наблюдаются особенно мощные вспышки, во время которых звезда сияет порой ярче, чем все звезды ее родной галактики, вместе взятые. Яркость ее может увеличиться в миллиарды раз!

Такие явления астрономы назвали вспышками сверхновых. От новых они отличаются не только мощностью взрыва, но и его механизмом, а также последствиями. Если новая после взрыва возвращается к своему прежнему состоянию и может испытать повторные вспышки, то сверхновая погибает.

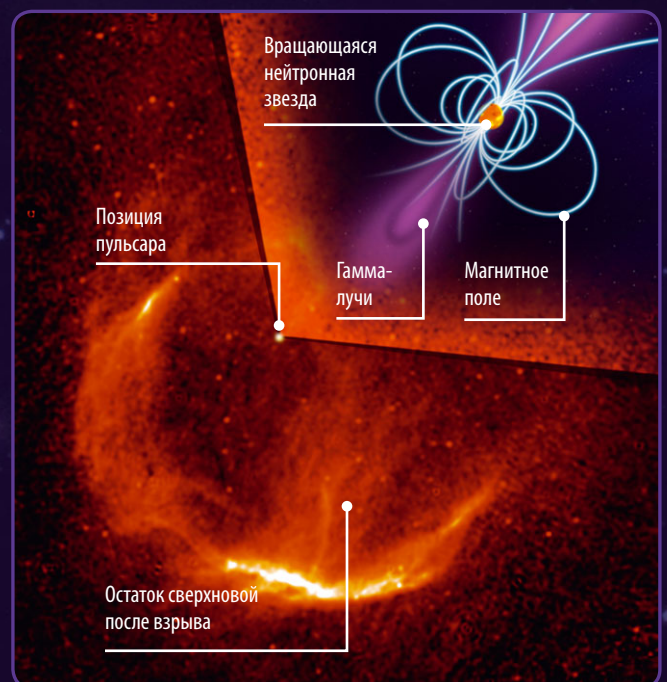
△ Сверхновая в представлении художника. После взрыва она превращается в нейтронную звезду либо черную дыру

### Родители тяжелых элементов

Вспышки сверхновых регистрируются в других звездных системах, но в нашей Галактике мы не видели их с начала XVII века. Впрочем, даже такая ярчайшая вспышка может пройти незамеченной из-за поглощения света пылевыми облаками в центре Галактики. Скажем, в 1984 году астрономы обнаружили радиоисточник, характер излучения которого указывал на то, что это остаток сверхновой, и такой молодой, что можно было определить дату взрыва — 1868 год. Никто не видел этой вспышки!

Во время взрывов сверхновых высвобождается колоссальная энергия и синтезируются тяжелые элементы, которые рассеиваются по Вселенной. Именно благодаря им во Вселенной существует космическая пыль, твердые небесные тела, а в конечном счете — и человек.

▷ Пульсар — вращающаяся нейтронная звезда, типичный результат вспышки сверхновой



## Яркие гравитационные катастрофы

Существует два типа сверхновых. Сверхновая I типа — это, как и новая, двойная система, один из компонентов которой белый карлик, забирающий в процессе аккреции вещество у своего соседа. Если масса белого карлика достигнет 1,44 массы Солнца (критической для белого карлика), то он сколлапсирует («схлопнется» под действием собственной гравитации) и взорвется, а после взрыва на его месте останется нейтронная звезда.

Сверхновые II типа — это одиночные звезды с массой более трех масс Солнца, завершающие свою эволюцию. Они испытывают гравитационный коллапс, конечным результатом которого становится формирование нейтронной звезды или черной дыры. После взрывов сверхновых остаются следы — расширяющиеся туманности.

▽ Остатки вспышек  
сверхновых



Газопылевой фронт сверхновой  
в Петле Лебедя



Остатки сверхновой RCW 86



Симметричная оболочка сверхновой  
1987 года



Сверхновая в галактике NGC 1569



Остатки сверхновой в Большом  
Магеллановом Облаке



Сверхновая в туманности Медуза  
(Jellyfish)



Остаток сверхновой в созвездии Парус



Остатки сверхновой N63A из  
Большого Магеллана Облака



Сверхновая 10397



## ☉ НАБЛЮДЕНИЯ НОВЫХ И СВЕРХНОВЫХ

Древние европейские, китайские и японские летописи и хроники донесли до нас сведения примерно о 90 вспышках новых звезд. Некоторые из них, судя по всему, были сверхновыми нашей Галактики. На это указывает прежде всего длительность их наблюдения невооруженным глазом.

▷ Крабовидная туманность — остаток сверхновой 1054 года. Снимок космического телескопа «Хаббл»



### ▶ XI–XV ВЕКА

Звезда, вспыхнувшая в 1006 году, имела огромную яркость и наблюдалась очень долго — около трех лет. Вообще же в XI–XII веках было еще по меньшей мере две вспышки сверхновых: звезда-«гостья» 1054 года — прародительница Крабовидной туманности, и сверхновая 1181 года. Все три вспышки наблюдались китайскими и японскими астрономами, имеются отдельные свидетельства из Европы.

### ◀ XVI — НАЧАЛО XVII ВЕКА

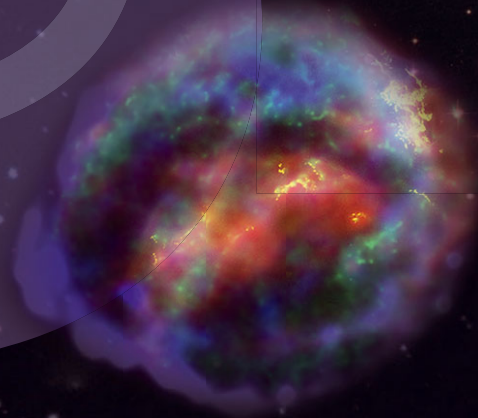
В XVI — начале XVII в. также произошли две вспышки сверхновых с промежутком всего в 32 года: в 1572-м и 1604-м. Первую из них подробнее всего описал датский астроном Тихо Браге, а вторую — его ученик, немец Иоганн Кеплер.

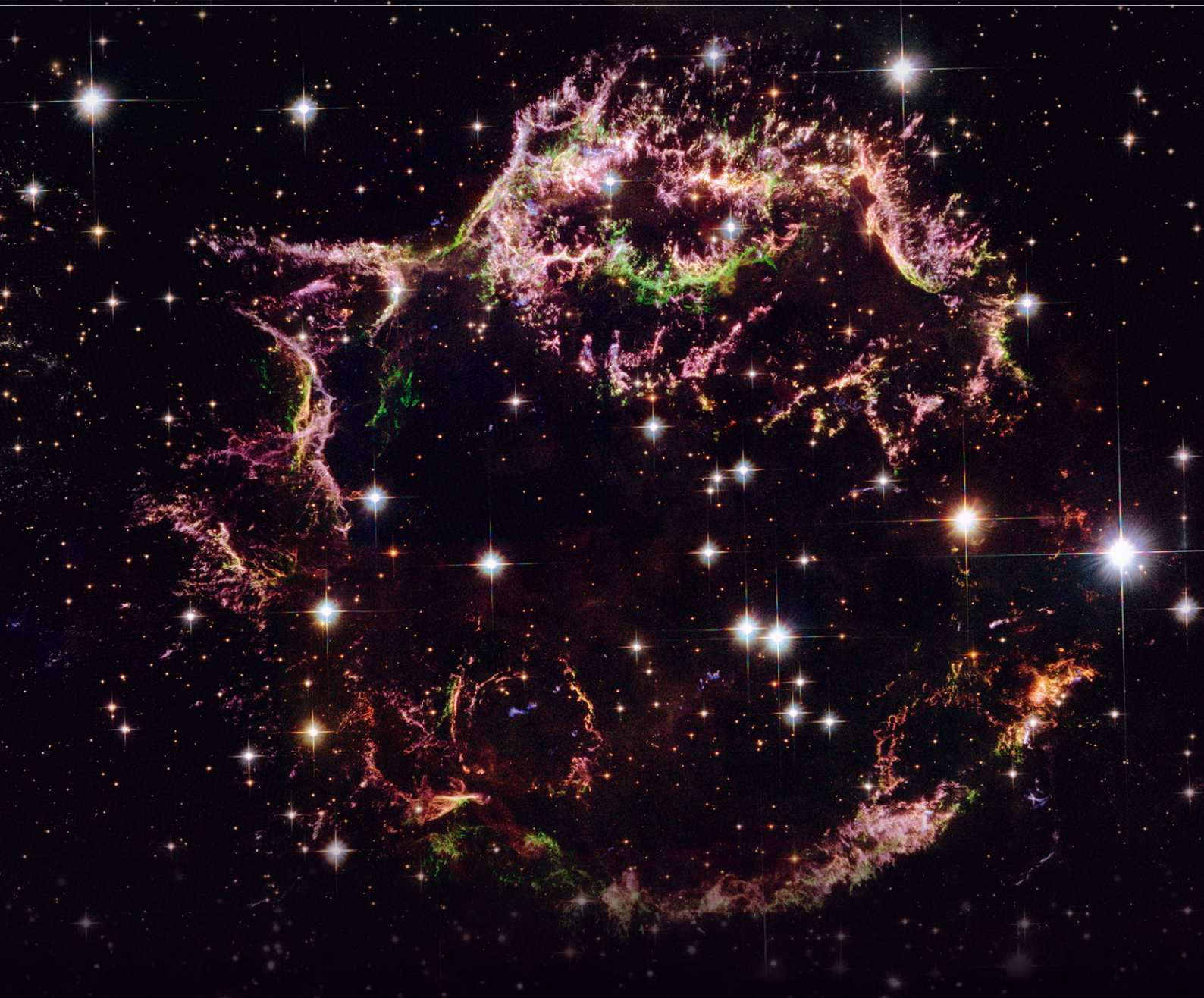
△ Оболочка сверхновой Кеплера SN 1604

△ Остатки взрыва сверхновой SNR0509 в Большом Магеллановом Облаке

### ▶ XVIII ВЕК — НАШИ ДНИ

По воле случая после изобретения телескопа ни одной вспышки сверхновой в нашей Галактике наблюдать еще не пришлось. Но неоднократно появлялись яркие новые звезды, достигавшие величины 1<sup>m</sup>, например в XX веке — в 1901, 1918 и 1975 годах. А в 1987 году сверхновая вспыхнула в спутнике Млечного Пути — Большом Магеллановом Облаке.





## ◎ СВЕРХНОВАЯ В СОЗВЕЗДИИ КАССИОПЕЯ

В созвездии Кассиопея расположен остаток сверхновой, являющийся самым мощным источником радиоизлучения в нашей Галактике. Проанализировав скорость расширения, ученые пришли к выводу, что вспышка сверхновой произошла около 300 лет назад. Однако в исторических хрониках того времени ничего не говорится о событии. Не заметили ее и астрономы.

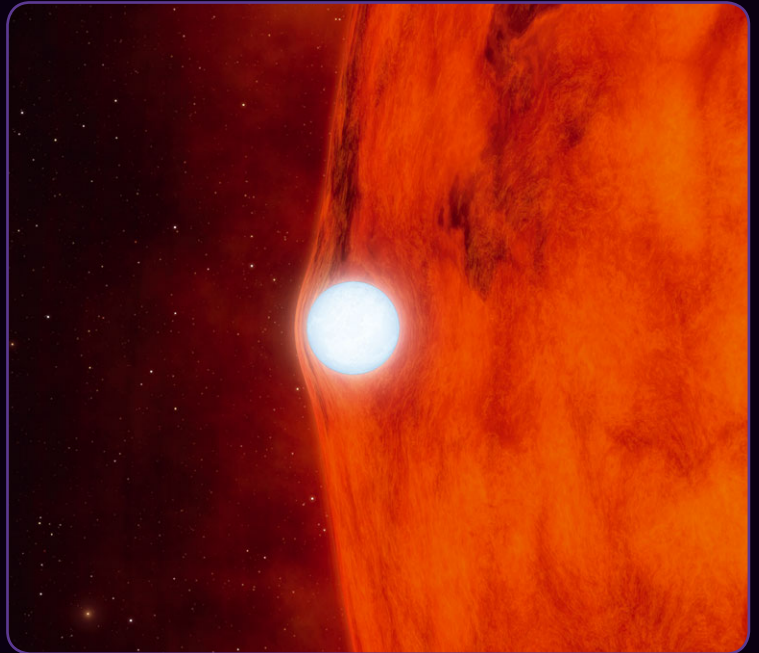
Возможно, дело в том, что в нашей Галактике так много пыли, что она может поглотить излучение даже такой ярчайшей вспышки. Вероятно также, что взорвавшаяся звезда имела необычно большую массу и к моменту взрыва уже сбросила много своего вещества в космическое пространство. Оно обволокло звезду, затмив излучение от вспышки.

△ Кассиопея А — остаток сверхновой, взорвавшейся предположительно в 1680 году. Снимок космического телескопа «Хаббл»

## ☉ БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Один из вариантов заключительной стадии эволюции звезд — белый карлик. Свойства этих объектов удивительны. Их вещество отличается невероятной плотностью. При массе порядка солнечной диаметр белого карлика сравним с диаметром Земли. Это значит, что плотность вещества в нем достигает 1 т на 1 см<sup>3</sup>! Вещество белых карликов находится в особом состоянии, которое называется вырожденным газом.

▷ Система KOI-256, состоящая из красного и белого карликов, в представлении художника. Диаметр белого карлика в 40 раз меньше, чем красного, а масса — немного больше. Фактически красный карлик вращается вокруг белого, а мощная гравитация белого карлика искажает изображение красного



### Первый обнаруженный белый карлик

Первый белый карлик, обративший на себя внимание своими необычными свойствами, — спутник Сириуса, самой яркой звезды на ночном небе. Его существование было предсказано в 1844 году, когда выяснили, что Сириус в своем движении в пространстве отклоняется от прямолинейного пути, очевидно, испытывая гравитационное влияние невидимого спутника. В 1862 году при испытании крупнейшего на тот момент телескопа спутник был открыт. В 1915 году вычислили чрезвычайно высокую плотность этой маленькой звездочки.

▽ Сириус и его спутник — белый карлик в представлении художника



### Что такое белый карлик?

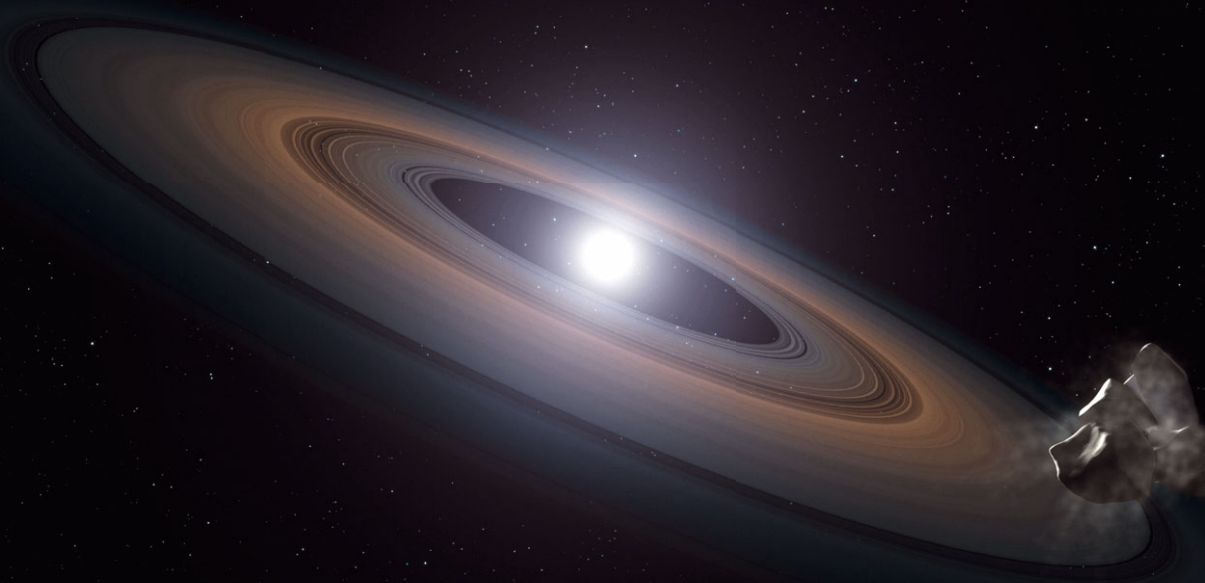
Фактически белый карлик — это сверхплотное сжавшееся ядро красного гиганта, который сбросил свою оболочку после исчерпания запасов «топлива» и прекращения термоядерных реакций. Гравитационному сжатию препятствует лишь давление вырожденного газа. Чем больше масса белого карлика, тем меньше его размер и, соответственно, выше плотность.

Если масса белого карлика выше критического предела, равного 1,44 массы Солнца, он теряет устойчивость и происходит гравитационный коллапс, в результате которого вещество белого карлика стремится сжаться в точку, а фактически образуется нейтронная звезда — еще более плотный объект, в котором масса Солнца умещается в диаметр порядка 10 км. Такая катастрофа может произойти, если белый карлик получит вещество извне, например в процессе аккреции от звезды-компаньона.

Если масса белого карлика не достигает критической, он может существовать десятки миллиардов лет, постепенно остывая и меняя цвет (уже известны объекты такого типа, окрашенные в желтый и красный).

**ПОСТЕПЕННО БЕЛЫЙ  
КАРЛИК ПРЕВРАЩАЕТСЯ  
В ЧЕРНЫЙ КАРЛИК —  
ХОЛОДНЫЙ ОБЪЕКТ  
С ГИГАНТСКОЙ  
ПЛОТНОСТЬЮ.**

▽ Белый карлик в звездном скоплении  
Гиady и окружающие его пылевые кольца  
в представлении художника

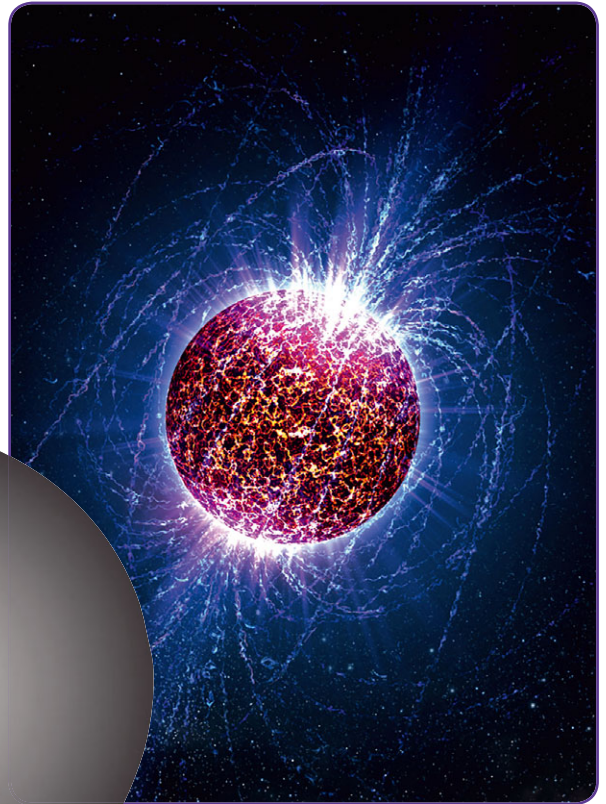
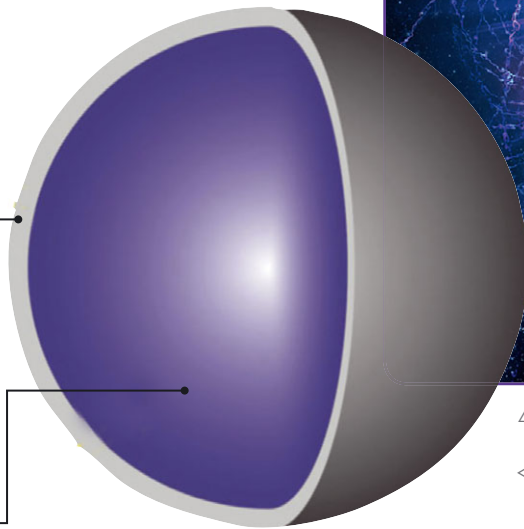


## НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Жизнь звезд с массой, которая вдвое превышает массу Солнца, заканчивается взрывом сверхновой. Если при этом ядру удастся выжить, то из него формируется нейтронная звезда. Ее радиус составляет всего 15–20 км, но масса превышает солнечную. Чайная ложка вещества такой звезды весит порядка 100 млн т. Гравитационные силы настолько велики, что расплющивают ядра атомов, заставляя электроны и протоны слиться в нейтроны. Отсюда название — нейтронные звезды.

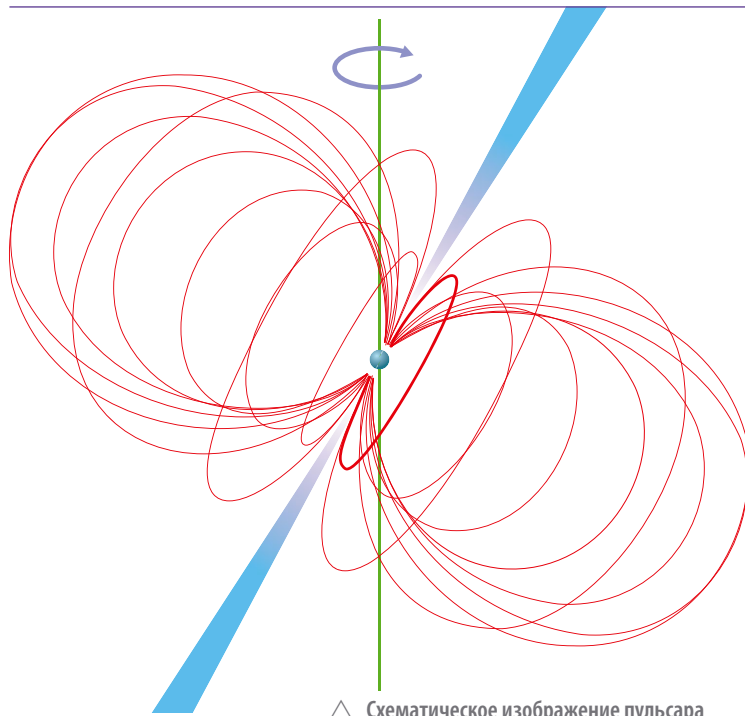
Кора нейтронной звезды — это твердая оболочка толщиной в сотни метров; представляет собой кристаллическую решетку из атомных ядер и электронов, состоит из ядер железа, хрома, никеля и других элементов.

Особая сверхтекучая нейтронная жидкость. По мере углубления давление и доля нейтронов увеличиваются; в самом центре могут встречаться особые частицы — мезоны, которые в обычных условиях моментально распадаются.



△ Нейтронная звезда в представлении художника

◁ Строение нейтронной звезды



△ Схематическое изображение пульсара

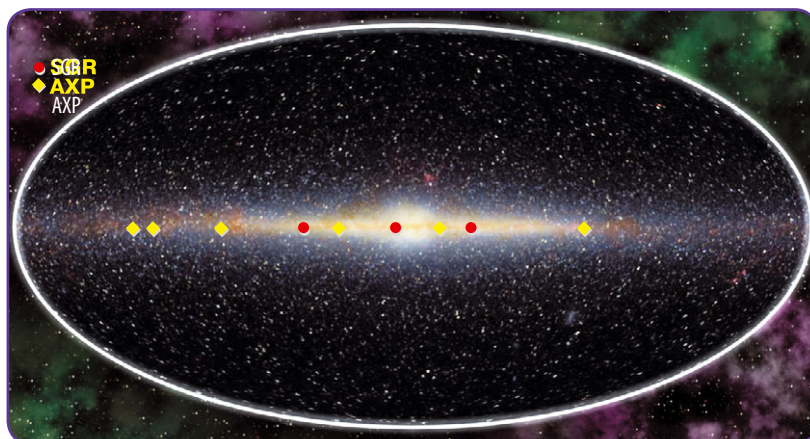
### Ложные «зеленые человечки»

Нейтронные звезды — одни из немногих космических объектов, существование которых было теоретически предсказано учеными до их открытия. Обнаружены они были впервые в 1967 году как источники периодических радиоимпульсов — пульсары. Частота импульсов была удивительно постоянной, поэтому пульсары первое время даже считали сигналами инопланетных цивилизаций. Позже выяснилось, что причина импульсов кроется во вращении нейтронной звезды, испускающей узконаправленные пучки радиоизлучения. Кстати, скорость вращения нейтронной звезды (и периодичность импульсов пульсара) может достигать десятков и сотен оборотов в секунду. Обычная звезда разрушилась бы на такой скорости, и только чудовищная гравитация удерживает нейтронную звезду.

## МАГНЕТАРЫ

Некоторые нейтронные звезды проявляют себя как магнетары — объекты с колоссальным магнитным полем, самым сильным во Вселенной. Магнетары мало изучены, поскольку немногие находятся достаточно близко к Солнечной системе. Наблюдаются они в гамма-излучении, близком к рентгеновскому, радиоизлучение не испускают.

Теоретически существование магнетаров было предсказано в 1992 году, а первое свидетельство их реального существования получено в 1998 году при наблюдении мощной вспышки гамма- и рентгеновского излучения от источника SGR 1900+14 в созвездии Орёл.



△ Центральная область Галактики с магнетарами

▽ Магнетар в представлении художника



# ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

**ЧЕРНАЯ ДЫРА — ЭТО ОБЪЕКТ, СВОЙСТВА КОТОРОГО СЛОЖНО ОЦЕНИТЬ И С ЧЕМ-ЛИБО СРАВНИТЬ. МЫ ПРИВЫКЛИ РАССМАТРИВАТЬ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ КАК НЕЧТО АБСОЛЮТНОЕ И НЕИЗМЕННОЕ. НО ЧЕРНАЯ ДЫРА СВОРАЧИВАЕТ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В СИСТЕМУ, ДЛЯ КОТОРОЙ ПРИВЫЧНЫЕ ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ СИЛЬНО ИЗМЕНЯЮТСЯ ИЛИ ВООБЩЕ ПЕРЕСТАЮТ РАБОТАТЬ. ЧЕРНАЯ ДЫРА — ЭТО ТРИУМФ МАТЕМАТИКИ, ВЕДЬ ИМЕННО В МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ОНА И БЫЛА ОТКРЫТА ТЕОРЕТИЧЕСКИ, КОГДА НЕМЕЦКИЙ АСТРОНОМ К. ШВАРЦШИЛЬД В 1915 ГОДУ, ИССЛЕДУЯ УРАВНЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА, ПРЕДСКАЗАЛ СУЩЕСТВОВАНИЕ ЧЕРНЫХ ДЫР.**

## ◎ ГОРИЗОНТ СОБЫТИЙ

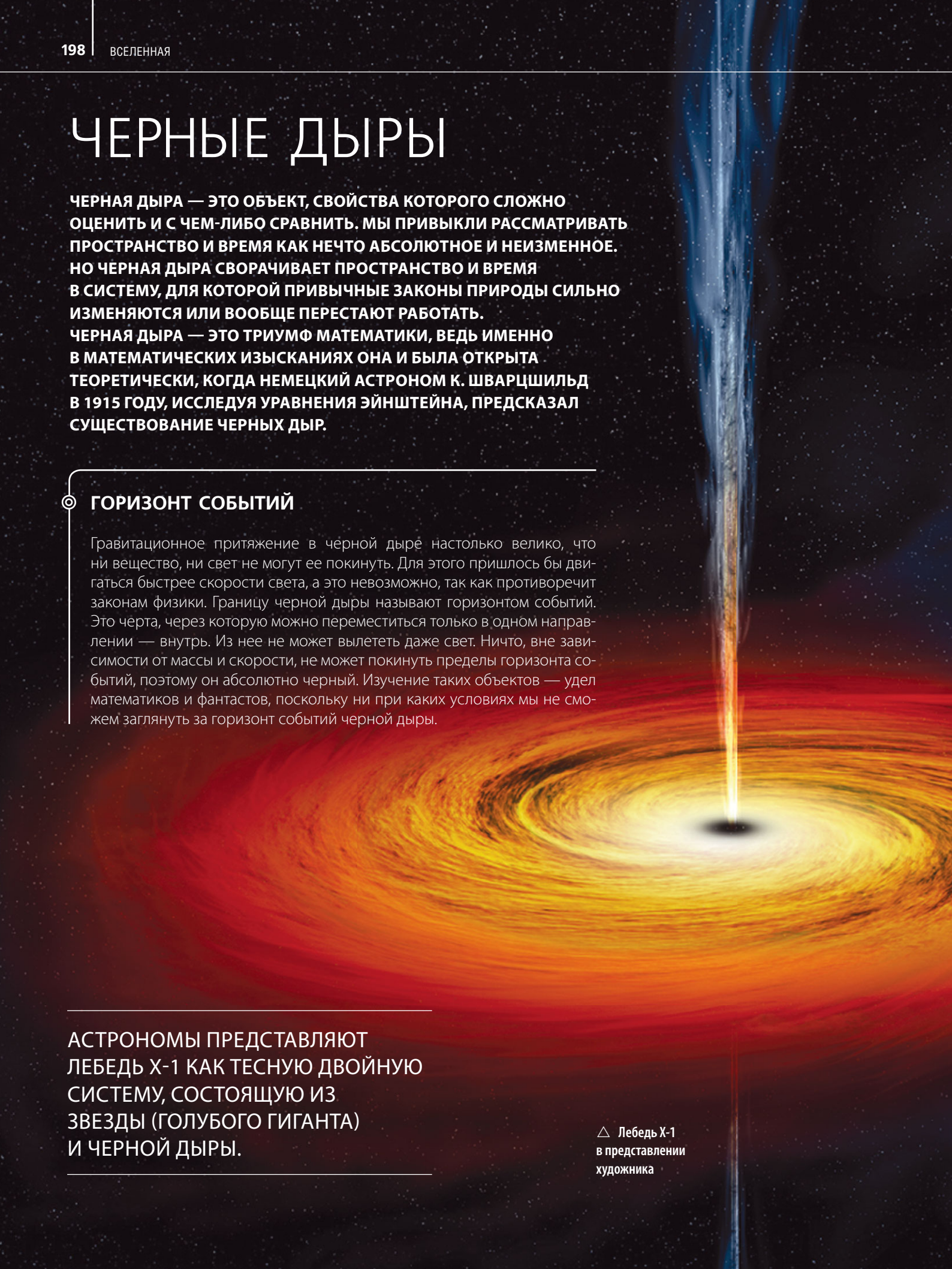
Гравитационное притяжение в черной дыре настолько велико, что ни вещество, ни свет не могут ее покинуть. Для этого пришлось бы двигаться быстрее скорости света, а это невозможно, так как противоречит законам физики. Границу черной дыры называют горизонтом событий. Это черта, через которую можно переместиться только в одном направлении — внутрь. Из нее не может вылететь даже свет. Ничто, вне зависимости от массы и скорости, не может покинуть пределы горизонта событий, поэтому он абсолютно черный. Изучение таких объектов — удел математиков и фантастов, поскольку ни при каких условиях мы не сможем заглянуть за горизонт событий черной дыры.

---

**АСТРОНОМЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ЛЕБЕДЬ X-1 КАК ТЕСНУЮ ДВОЙНУЮ СИСТЕМУ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ЗВЕЗДЫ (ГОЛУБОГО ГИГАНТА) И ЧЕРНОЙ ДЫРЫ.**

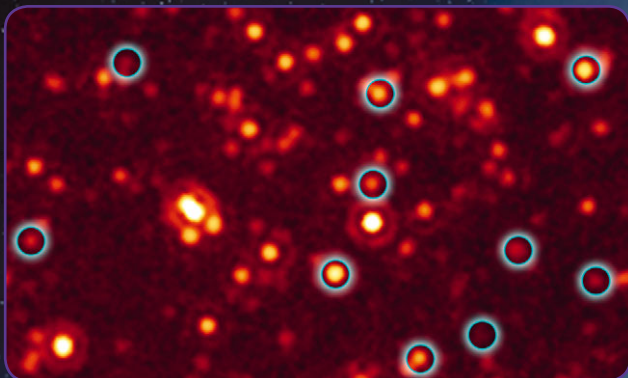
---

△ Лебедь X-1  
в представлении  
художника



## ◎ ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Считается, что черные дыры могут возникать в ходе сильного сжатия вещества, например при коллапсе массивной звезды, взрыве сверхновой, слиянии двух нейтронных звезд.



△ Кандидаты в черные дыры из далеких галактик (по данным космического телескопа «Спитцер»)

## ◎ ЛЕБЕДЬ X-1

В 1964 году был открыт первый источник мощного рентгеновского излучения — Лебедь X-1. С помощью оптических телескопов его отождествили с гигантской голубой звездой. Но голубой гигант не может излучать столько энергии в рентгеновском диапазоне, поэтому к нему присмотрелись внимательнее. Выяснилось, что вокруг звезды вращается объект, в 10 раз превышающий массу Солнца. Он и оказался источником рентгеновских лучей. Но, ко всеобщему удивлению, объект не светится. Поэтому Лебедь X-1 стал первым кандидатом в черные дыры. Поскольку рентгеновские лучи по-английски — X-rays, а их источник, найденный первым, находится в созвездии Лебедь, то его и назвали Лебедь X-1.



# РАССЕЯННЫЕ СКОПЛЕНИЯ

**ПРИ НАБЛЮДЕНИИ В ТЕЛЕСКОП  
МОЖНО УВИДЕТЬ МНОЖЕСТВО  
ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ — ТЕСНЫХ  
ГРУПП ЗВЕЗД, КОТОРЫЕ ИМЕЮТ ОБЩЕЕ  
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СВЯЗАНЫ ОБЩИМ  
ДВИЖЕНИЕМ В ПРОСТРАНСТВЕ. НАИБОЛЕЕ  
РАСПРОСТРАНЕННЫ ДВА ТИПА ЗВЕЗДНЫХ  
СКОПЛЕНИЙ — РАССЕЯННЫЕ И ШАРОВЫЕ.**



## ○ ЧТО ТАКОЕ РАССЕЯННЫЕ СКОПЛЕНИЯ?

Рассеянные скопления содержат от десятков до нескольких тысяч звезд. Как правило, это молодые звезды возрастом порядка 100 млн лет. Гравитационные силы внутри этих скоплений сравнительно слабые, и рассеянные скопления довольно быстро распадаются, а их звезды продолжают путь в одиночку.

Многие рассеянные скопления погружены в газопылевые туманности, из которых они и образовались. Однако давление электромагнитного излучения звезд отталкивает от себя вещество туманности и способно полностью рассеять ее.

△ Рассеянное скопление LN95 в спутнике нашей Галактики — Большом Магеллановом Облаке. Снимок космического телескопа «Хаббл»

▽ Молодые звезды в рассеянном скоплении NGC 3572. Изображение, полученное телескопом обсерватории Ла-Силья в Чили



## РОЖДЕНИЕ РАСSEЯННЫХ СКОПЛЕНИЙ

Расseянные скопления рождаются из гигантских газопылевых облаков, части которых начинают коллапсировать, сжиматься и превращаться в звезды. Распадаются они чаще всего до того, как их звезды успевают проэволюционировать, поэтому типичное население таких скоплений — молодые горячие голубые звезды.

## ИЗВЕСТНЫЕ РАСSEЯННЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Некоторые расseянные скопления видны невооруженным глазом и известны людям с древности. В Плеядах и Гиадах видны отдельные звезды, а Ясли, Двойное скопление Персея и еще несколько скоплений описаны астрономами дотелескопической эпохи как туманные звезды. После 1610 года их удалось разделить на звезды.



## СКОПЛЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОМ СВЕТЕ

В нашей Галактике открыто свыше 1000 расseянных скоплений, но предполагается, что это лишь десятая часть от их общего числа. Многие скопления могут, например, скрываться за непрозрачной пеленой пылевых туманностей и проявиться лишь при изучении в инфракрасной области спектра.

△ Мозаика из изображений расseянных скоплений, сделанных телескопом VISTA. От прямого наблюдения эти скопления закрыты пылью Млечного Пути

## ПЛЕЯДЫ

Эта тесная группа звезд известна с древнейших времен и прекрасно видна на небе невооруженным глазом почти в любом месте Земли, кроме южных околополярных широт.

У каждого народа для нее имеется свое название. В России их чаще всего именовали Стожарами. Астрономы называют их Плеядами по имени семи мифических сестер, дочерей титана Атланта и океаниды Плейоны. Зоркий глаз видит в Плеядах в среднем именно 7 звезд, хотя некоторые могут разглядеть до 12. В телескоп их видны тысячи.

**Количество звезд:** около 1000

**Суммарный блеск звезд:** 1,6<sup>m</sup>

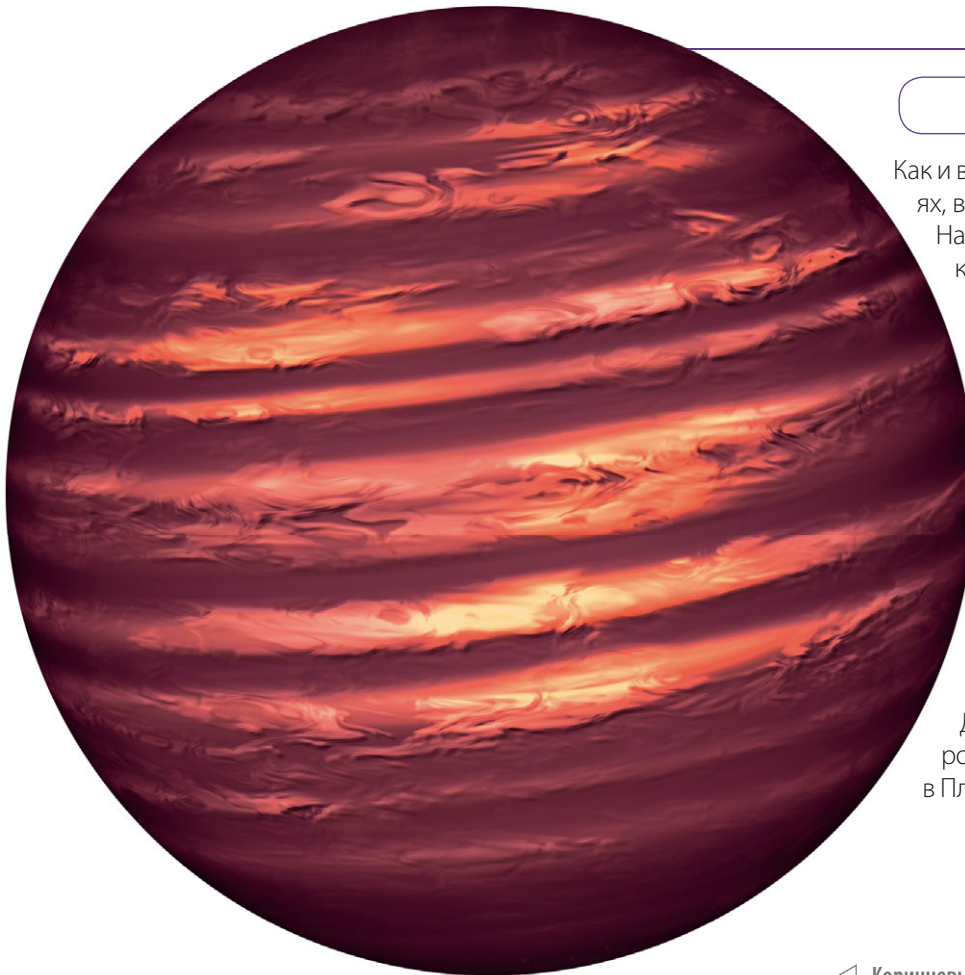
**Масса:** 800 масс Солнца

**Диаметр:** 12 св. лет

**Расстояние:** 440 св. лет



△ Диск из Небры, датируемый приблизительно XVII веком до н. э. Группа точек в верхней правой части интерпретируется как Плеяды



### Состав Плеяд

Как и в других рассеянных скоплениях, в Плеядах много голубых звезд. Найдены там и многочисленные коричневые карлики — объекты, не ставшие полноценными звездами, потому что в них не начались термоядерные реакции из-за недостатка массы.

Кроме того, в скоплении есть несколько белых карликов. Предполагается, что они сформировались в процессе эволюции тесных двойных систем (из-за аккреционного перетекания вещества от одной звезды к другой).

Для обычного сценария формирования белых карликов звезды в Плеядах слишком молоды.

◁ Коричневый карлик в представлении художника

### Отражательная туманность

На фотографиях, сделанных с большой выдержкой, и при непосредственном наблюдении в телескоп вокруг звезд Плеяд видны голубоватые туманные ореолы, похожие на пылевую туманность, отражающую свет звезд. Раньше считалось, что это остатки туманности, из которой и возникли Плеяды, но теперь доказано, что за 100 млн лет она должна была рассеяться. Скорее всего, это облако пыли случайно оказалось на пути Плеяд.

▷ Рассеянное скопление Плеяды (M45)

▽ Пылевая туманность в Плеядах в инфракрасных лучах. Снимок космического телескопа «Спитцер»



# ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ

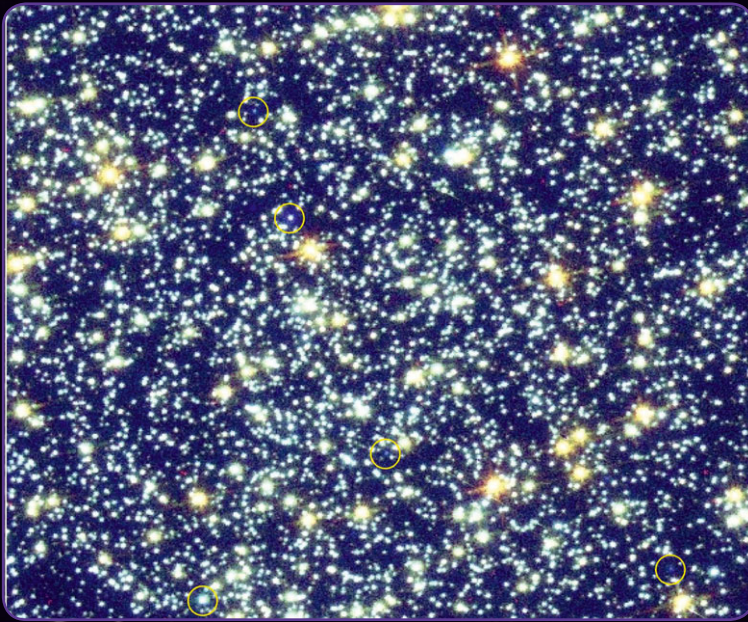
**В МЛЕЧНОМ ПУТИ И ДРУГИХ ГАЛАКТИКАХ, КРОМЕ РАССЕЯННЫХ, СУЩЕСТВУЮТ И ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ. ЗВЕЗДЫ В НИХ, КАК И В РАССЕЯННЫХ СКОПЛЕНИЯХ, ИМЕЮТ ОБЩЕЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ. В ОТЛИЧИЕ ОТ РАССЕЯННЫХ СКОПЛЕНИЙ, КОТОРЫЕ СОДЕРЖАТ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ДЕСЯТКОВ ДО НЕСКОЛЬКИХ ТЫСЯЧ ЗВЕЗД, В ШАРОВЫХ ИХ КОЛИЧЕСТВО КОЛЕБЛЕТСЯ ОТ 10 000 ДО НЕСКОЛЬКИХ МИЛЛИОНОВ! К ТОМУ ЖЕ ЗВЕЗДНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ НАМНОГО СТАРШЕ, ЧЕМ РАССЕЯННЫХ. ВОЗРАСТ ШАРОВОГО СКОПЛЕНИЯ МОЖЕТ ДОСТИГАТЬ 12,7 МЛРД ЛЕТ!**



## ◎ СВЕРХПЛОТНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

Плотность шаровых скоплений возрастает по мере приближения к их центру. Концентрация звезд в них в среднем в 700–7000 раз выше, чем в окрестностях нашего Солнца. Если бы мы жили в шаровом скоплении, то в радиусе 4,5 св. года от нас (расстояние до системы Альфа Центавра) поместились бы сотни звезд. Все небо было бы усыпано ярчайшими светилами.

△ Шаровое скопление M80.  
Изображение, полученное  
телескопом обсерватории  
Апачи-Пойнт в штате  
Нью-Мексико, США



## ГОЛУБЫЕ ОТСТАВШИЕ ЗВЕЗДЫ

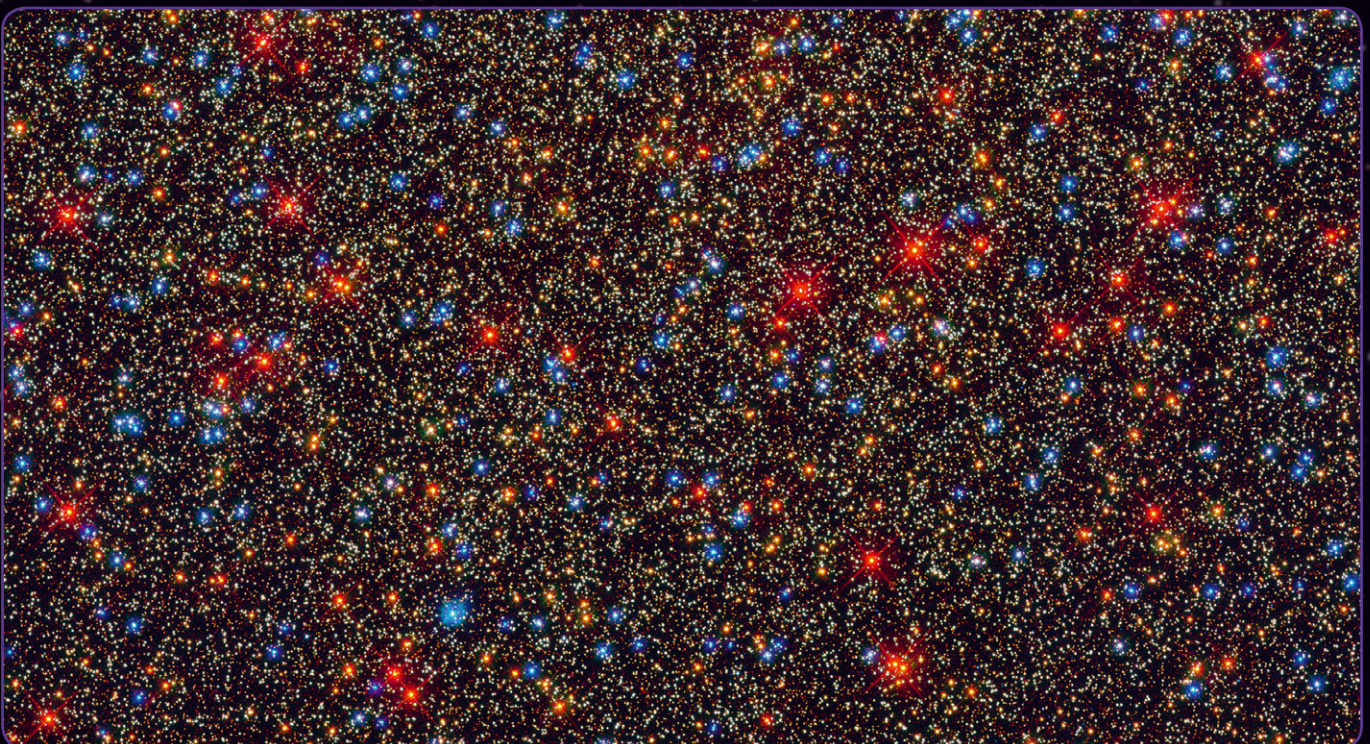
Как правило, шаровые скопления состоят из очень старых звезд, которые находятся на поздних этапах эволюции и имеют желтый или красный цвет, но в некоторых скоплениях есть звезды, получившие название «голубые отставшие». Они горячее, чем остальные звезды с такой же светимостью в данном скоплении. Предполагается, что они образовались в результате слияния двух или трех звезд и разогрелись при получении дополнительного «топлива» в процессе аккреции и слияния.

◀ Голубые отставшие звезды в скоплении 47 Тукана. Снимок космического телескопа «Хаббл»

## ЯДРА ПОГЛОЩЕННЫХ ГАЛАКТИК

Некоторые шаровые скопления, например Омега Центавра, чрезвычайно массивны (несколько миллионов солнечных масс) и содержат звезды из нескольких звездных поколений. Эти скопления можно считать свидетельством того, что сверхмассивные шаровые скопления являются ядром карликовых галактик, поглощенных гигантскими галактиками. Около  $\frac{1}{4}$  шаровых скоплений в Млечном Пути, возможно, были частью карликовых галактик.

▽ Разнообразное звездное население Омеги Центавра. Панорамный снимок космического телескопа «Хаббл»



## ◎ ШАРОВОЕ СКОПЛЕНИЕ M13

M13 — самое яркое из шаровых скоплений в Северном полушарии небесной сферы. Человек с хорошим зрением увидит его на очень темном небе невооруженным глазом как слабо светящееся пятно звездной величины почти  $6^m$ . Если вам удалось его увидеть — значит, у вас отличное зрение, а небо над вами идеально темное. Уже 10–15-кратное увеличение покажет нам туманный шарик, уплотняющийся к центру. В бинокль хорошо видна круглая форма пятна. В телескоп оно начинает распадаться по краям на отдельные звезды. Крупные инструменты видят их вплоть до самого центра скопления.

### Далекий шар

Гигантский звездный шар удален от нас на 25 000 св. лет. Диаметр его составляет около 150 св. лет. M13 содержит сотни тысяч звезд, которые родились вместе примерно 12–13 млрд лет назад и с тех пор никогда не покидали скопление.

▽ Две звезды величины  $7^m$  по бокам от скопления M13 как будто охраняют его. Снимок космического телескопа «Хаббл»



△ Шаровое скопление M13



## РАДИОПОСЛАНИЕ АРЕСИБО

В 1974 году из обсерватории Аресибо в Пуэрто-Рико в направлении скопления М13 было отправлено радиопослание внеземным цивилизациям. Оно дойдет до него через 25 000 лет, и только через 50 000 лет мы можем надеяться на ответ.

○ Числа от одного до десяти в двоичной системе.

● Атомные числа (число протонов в ядре атома) химических элементов водорода, углерода, азота, кислорода и фосфора.

● Формулы сахаров и оснований в ДНК.

○ Количество пар нуклеотидов в геноме человека.

● Форма молекулы ДНК.

● Человек.

● Рост человека.

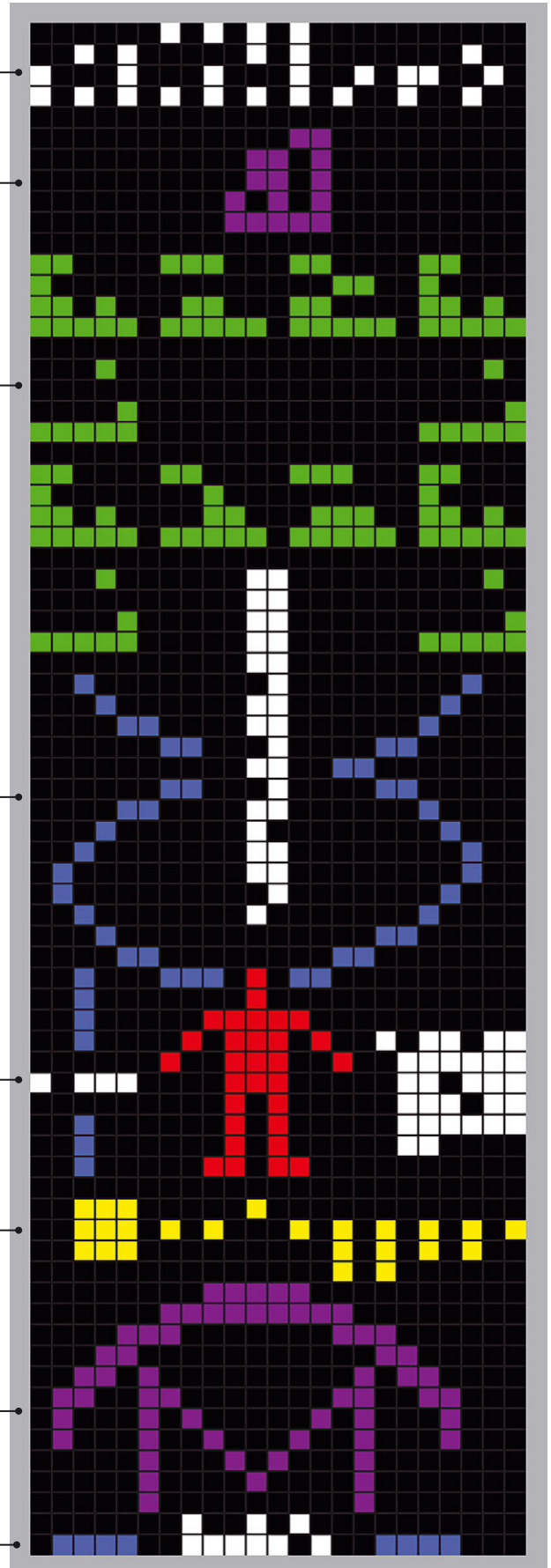
○ Количество людей на Земле.

● Солнечная система (Земля выступает в сторону человека).

● Радиотелескоп в Аресибо, передавший послание.

○ Диаметр антенны.

▷ Сообщение с цветовым разделением частей.  
Оригинальное послание не содержало цветовой информации





Расстояние: 5200 св. лет

Диаметр: 130 св. лет

# СВЕТЯЩИЕСЯ ОБЛАКА МЕЖЗВЕЗДНОГО ГАЗА

△ Туманность Розетка  
(NGC 2237) — облако  
ионизованного водорода

ТУМАННЫЕ ПЯТНЫШКИ, ВИДИМЫЕ В ТЕЛЕСКОП, — ЭТО НЕ ТОЛЬКО ДАЛЕКИЕ СКОПЛЕНИЯ ЗВЕЗД, НО И ГИГАНТСКИЕ СВЕТЯЩИЕСЯ ОБЛАКА ГАЗА И ПЫЛИ. НЕКОТОРЫЕ ТУМАННОСТИ СВЕТЯТ ОТРАЖЕННЫМ СВЕТОМ (МЫ УЖЕ ВИДЕЛИ ТАКОЙ ПРИМЕР В ПЛЕЯДАХ), ДРУГИЕ ИСПУСКАЮТ СОБСТВЕННЫЙ СВЕТ ПРИ НАГРЕВЕ МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ ОТ ВЗРЫВА СВЕРХНОВОЙ ИЛИ ИОНИЗАЦИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ БЛИЗКИХ ЗВЕЗД.

## ☉ ТУМАННОСТЬ NGC 6357

NGC 6357 — туманность с рассеянными скоплениями в созвездии Скорпион, где находится регион активного звездообразования и множество «новорожденных» звезд. Также астрономы обнаружили в ней по меньшей мере три звезды, превосходящие по массе наше Солнце в 100 раз, а в 2012 году — двойную звезду Pismis 24-18, одна ее компонента является источником мощного рентгеновского излучения. Как показали наблюдения, средний возраст звезд в скоплении составляет около 1 млн лет.

**Расстояние:** 8000 св. лет

**Диаметр:** 4000 св. лет

### ▽ Туманность NGC 6357



### △ Туманность Ориона

## ТУМАННОСТЬ ОРИОНА

Это самая яркая и самая известная газопылевая диффузная туманность на нашем небе. Морозными зимними ночами, когда созвездие Орион сияет на небе, в нем даже невооруженным глазом легко разглядеть маленькое светящееся пятно. В любительские телескопы можно наблюдать разнообразные детали. Фотографии, сделанные крупными инструментами, показывают нам поистине неисчерпаемые богатства. Туманность Ориона занимает на небе видимую площадь в 4 раза больше полной Луны, а реальный ее размер — 33 св. года. Расстояние до нее составляет около 1344 св. лет. Как и все диффузные туманности, состоит из газа (в основном водорода) и пыли. Туманность Ориона, как и многие другие туманности, — место рождения светил. В ней много молодых горячих голубых звезд, которые ярко выделяются на снимках. Кроме того, здесь были обнаружены коричневые карлики, а также протопланетный диск — формирующаяся планетная система у молодой звезды.

**Расстояние:** 1344 св. года

**Диаметр:** 24 св. года

## ☉ ТУМАННОСТЬ ОРЁЛ

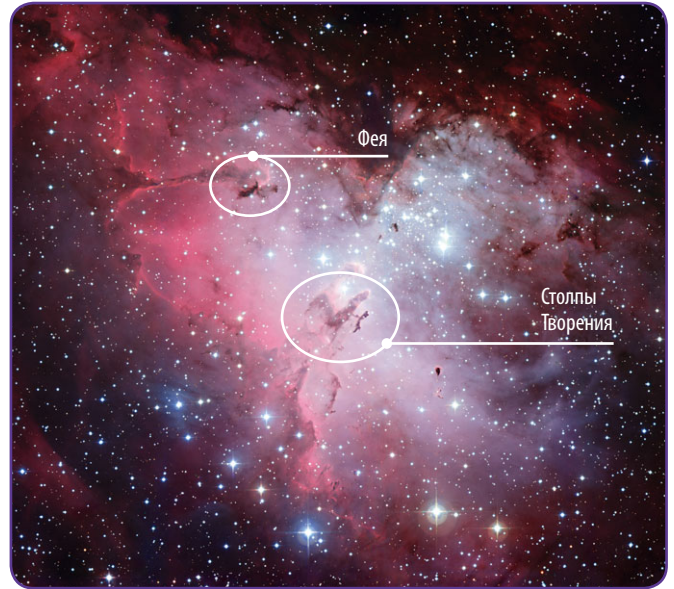
Эта большая и яркая туманность видна в направлении созвездия Змея. Она окружает молодое рассеянное звездное скопление, возраст которого всего 1–2 млн лет. Свое название туманность получила за характерный треугольник из звезд. Кому-то из наблюдателей он напоминает орлиный клюв или голову. Другие уверяют, что форма самой туманности похожа на раскинутые крылья орла. Эти сравнения субъективны, однако название за туманностью закрепилось довольно прочно.

В последнее время туманность Орёл стала известна благодаря снимкам космического телескопа «Хаббл», запечатлевшего ее эффектные газопылевые столбы.

**Расстояние:** 7000 св. лет

**Радиус:** 70 × 55 св. лет (скопление 15 св. лет)

**Возраст:** 5,5 млн лет



△ Туманность Орёл (M16). Снимок Европейской южной обсерватории. Цвета туманности близки к естественным — красноватое свечение ионизованного водорода, голубоватое отражение света молодых звезд

### Пылевой столб Фея

Этот пылевой столб — часть газопылевой туманности M16. Однако, когда смотришь на фотографию, сразу хочешь забыть все научные термины и просто удивиться — какой четкий и ясный получился образ феи — хрупкой, стройной, замершей в полуобороте на пьедестале и вот-вот готовой взлететь на светлых крыльях! Но и в реальности в туманности Орёл происходит настоящее волшебство — рождение новых звезд.

▽ Пылевой столб Фея. Снимок космического телескопа «Хаббл»



МНОГИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ  
ФОТОГРАФИИ СДЕЛАНЫ  
В ИСКУССТВЕННЫХ ЦВЕТАХ,  
ПРИЗВАННЫХ ПОКАЗАТЬ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ  
ВОЛН ИЗЛУЧЕНИЯ.

### Столпы Творения

Это тоже часть туманности Орёл. Однако фотография давно живет своей жизнью и известна астрономам, любителям астрономии и широкой публике под названием «Столпы Творения». Эти темные скопления газа и пыли — своеобразные инкубаторы звезд. Внутри них формируются будущие светила.

Как утверждают ученые, мы видим то, что на самом деле уже уничтожила космическая катастрофа. Телескоп «Спитцер» показал, что позади Столпов находится остаток взрыва сверхновой. Вспышка произошла 8000–9000 лет назад. Через несколько тысяч лет ударная волна от взрыва добралась до Столпов. Но мы еще не видим этого, поскольку свет от Столпов идет к нам 6000 лет. Астрономы утверждают, что еще примерно тысячу лет мы будем их видеть невредимыми.

#### ▽ Столпы Творения





# ТЕМНЫЕ ТУМАННОСТИ

ГАЗОПЫЛЕВЫЕ ТУМАННОСТИ СТАНОВЯТСЯ ЗАМЕТНЫ НЕ ТОЛЬКО ТОГДА, КОГДА ОНИ ИЗЛУЧАЮТ ИЛИ ОТРАЖАЮТ СВЕТ, НО И КОГДА, НАОБОРОТ, ПОГЛОЩАЮТ ЕГО, ЗАСЛОНЯ СОБОЙ ЗВЕЗДЫ ИЛИ ДРУГИЕ ТУМАННОСТИ. ТАКИЕ ХОЛОДНЫЕ ТЕМНЫЕ ОБЛАКА ПЫЛИ НАЗЫВАЮТ ТЕМНЫМИ ТУМАННОСТЯМИ. НЕКОТОРЫЕ ИЗ НИХ МОЖНО УВИДЕТЬ ДАЖЕ НЕВОООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ НА ФОНЕ СВЕТЯЩИХСЯ ЗВЕЗДНЫХ РОССЫПЕЙ МЛЕЧНОГО ПУТИ. НАПРИМЕР, ЛЕТНИМИ НОЧАМИ ХОРОШО ВИДНО, КАК ПОЛОСА МЛЕЧНОГО ПУТИ В РАЙОНЕ СОЗВЕЗДИЯ ЛЕБЕДЬ РАЗДЕЛЯЕТСЯ НА ДВА РУКАВА. НО РАЗДЕЛЕНИЕ ЭТО — МНИМОЕ: ТО, ЧТО НАМ КАЖЕТСЯ ПУСТЫМ МЕСТОМ, НА САМОМ ДЕЛЕ ПЫЛЕВАЯ ЗАВЕСА.

△ Межзвездная  
пыль делит  
Млечный Путь на  
два рукава

## ◎ ГЛОБУЛЫ БОКА — ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗАРОДЫШИ ЗВЕЗД

Темные кляксы на ярком розовом фоне ионизованного водорода в туманности IC 2944 называют «глобулы Бока» по фамилии американского астронома, который первым обратил на них внимание. Это холодные непрозрачные пылевые облака. От других темных туманностей их отличает более высокая плотность и резко очерченные края.

Такие образования — потенциальные зародыши новых звезд. Если они достаточно массивны, то начинают сжиматься под действием собственной гравитации, что приводит к разогреву, а потом и формированию звезд. Но на снимке изображены глобулы, из которых вряд ли возникнут звезды. Окружающие молодые светила разрушают их своими мощными звездными ветрами. Поскольку глобулы не пропускают видимого света, для их изучения используют инфракрасные телескопы.

**Расстояние:** 6500 св. лет



△ Глобулы Бока. Снимок Европейской южной обсерватории

## ◎ ТРОЙНАЯ ТУМАННОСТЬ

Тройная туманность названа так потому, что пылевые прожилки делят ее на три части. Однако это кажется наблюдателю, вооруженному не крупным инструментом. На фотографии хорошо видно, что туманность разделена даже на четыре части. Интересно, что в одном объекте четко представлены сразу три типа туманностей. Розовым светом светится эмиссионная (здесь флуоресцирует ионизованный ультрафиолетовым излучением горячих звезд межзвездный водород), голубым — отражательная, а темные полосы — поглощающая пылевая туманность.

**Расстояние:**

2000–9000 св. лет

**Диаметр:** около 50 св. лет

▽ Тройная туманность. Снимок Европейской южной обсерватории



## ☉ ТУМАННОСТЬ КОНСКАЯ ГОЛОВА

Это одна из самых популярных туманностей среди широкой публики и, пожалуй, самая известная из темных туманностей. Ее фотографии хорошо знакомы любителям астрономии, да и не только им. Туманность IC 434 резко выделяется на светлом фоне яркой эмиссионной туманности, которая светится благодаря ионизации водородных облаков излучением близлежащей горячей звезды. За характерные, легко узнаваемые очертания ее прозвали Конской Головой.

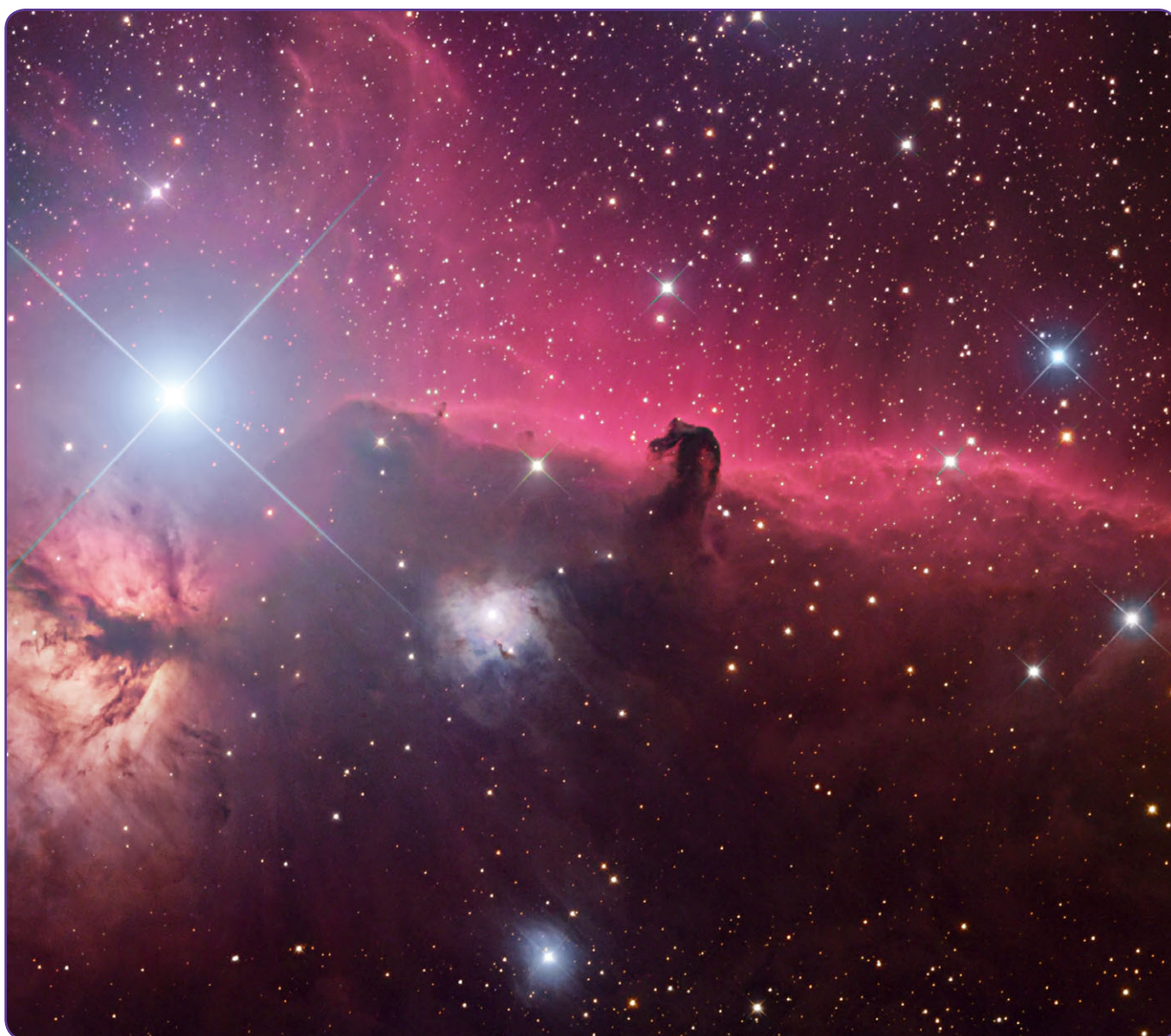
**Расстояние:** 1500 св. лет

**Диаметр:** около 3,5 св. года

### Молодые звезды

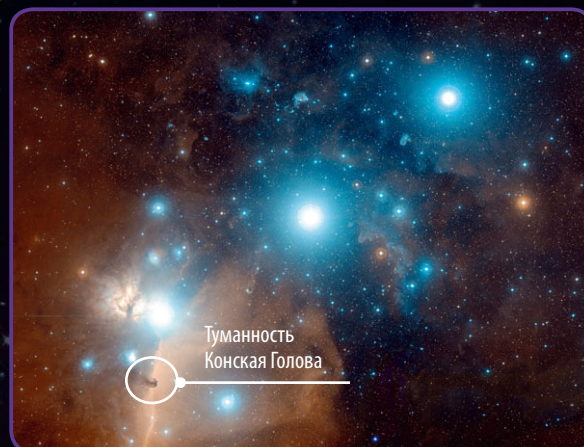
Истекающий из туманности газ движется в сильном магнитном поле. Яркие пятна в основании туманности Конская Голова — это молодые звезды, находящиеся в процессе формирования. В левом верхнем углу фотографии находится яркая область, где молодые звезды уже завершили процесс формирования, и излучение от этих светил уже разрушило родительские газопылевые облака, а яркий свет молодой массивной звезды, расположенной за верхней частью фотографии, вырисовывает темную конскую голову.

▽ Туманность IC 434 (Конская Голова)



### В поясе Ориона

Туманность Конская Голова находится в созвездии Орион, в районе Пояса Ориона — группы из трех ярких звезд, прекрасно видимых невооруженным глазом, вблизи самой восточной из этих звезд, которая называется Альнитак ( $\zeta$  Ориона). Туманность является частью Облака Ориона — огромного комплекса звездообразования. Кроме нее, туда входят еще не меньше десятка различных объектов, самый яркий из которых — Большая туманность Ориона (M42). Впервые туманность обнаружила на фотопластинке в 1888 году шотландский астроном Вильямина Флеминг. Наблюдать ее достаточно трудно, для этого нужен хороший инструмент.



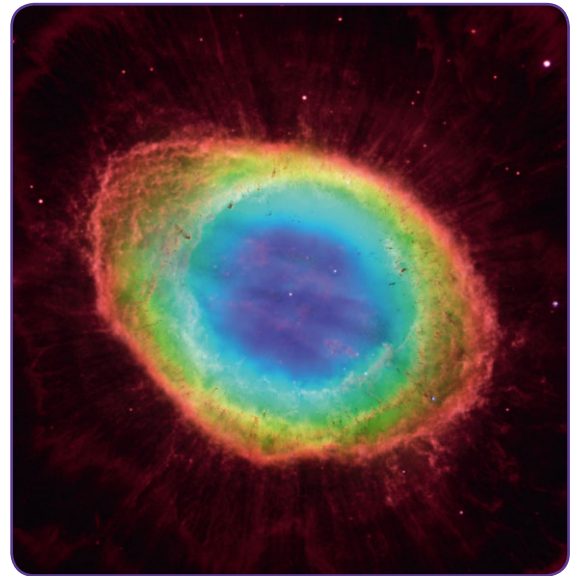
△ Пояс Ориона

▷ Туманность Конская Голова в инфракрасных лучах. Снимок космического телескопа «Хаббл». Различимы мельчайшие детали и звезды, скрытые за темной пылью при съемке в видимом диапазоне спектра



# ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ

**ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ ПОЛУЧИЛИ СВОЕ НАЗВАНИЕ ПОТОМУ, ЧТО ПЕРВЫЕ ИЗ НАЙДЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ТАКОГО ТИПА ВЫГЛЯДЕЛИ В ТЕЛЕСКОП ПРАВИЛЬНЫМИ ДИСКАМИ, НАПОМИНАЮЩИМИ ДИСКИ ПЛАНЕТ. БОЛЕЕ СОВЕРШЕННАЯ ОПТИКА, А ГЛАВНОЕ, ФОТОГРАФИЯ ПОКАЗАЛИ ИХ СЛОЖНУЮ СТРУКТУРУ, ЧАСТО СОВСЕМ НЕ ПОХОЖУЮ НА ИДЕАЛЬНЫЙ ДИСК. ОДНАКО ОБЪЕДИНЯЕТ ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ В ОДИН КЛАСС ВО ВСЕ НЕ ФОРМА, А ПРОИСХОЖДЕНИЕ — ВСЕ ОНИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ СБРОШЕННЫЕ ОБОЛОЧКИ ЗВЕЗД.**



△ Планетарная туманность M57 (Кольцо) в созвездии Лиры. Снимок космического телескопа «Хаббл»

## СБРОШЕННАЯ ОБОЛОЧКА ЗВЕЗДЫ

На конечном этапе жизни звезды солнечного типа (с массами 1–8 масс Солнца) превращаются в планетарные туманности. Газ, образующий такую туманность, раньше являлся атмосферой звезды, однако был сброшен ею в результате нестационарных процессов в ядре стареющей звезды. Само ядро еще ярко светится голубым светом, а ультрафиолетовое излучение от него заставляет светиться и оболочку туманности. Постепенно ядро будет становиться все более слабым белым карликом.

▽ Планетарная туманность — это сброшенная оболочка звезды

## ТУМАННОСТЬ КОЛЬЦО

Как и другие планетарные туманности, M57, или Кольцо, — это сброшенные оболочки красного гиганта, превратившиеся в белого карлика — слабую звезду в центре туманности. Фактически это оголенное ядро красного гиганта. Радиус ее — около  $\frac{1}{3}$  светового года. Если туманность всегда расширялась, сохраняя сегодняшнюю скорость 19 км/с, то ее возраст можно оценить примерно в 5500 лет.

**Расстояние:** 2300 св. лет

**Диаметр:** 0,75 св. года

**Возраст:** примерно 5500 лет



## ☉ ТУМАННОСТЬ БАБОЧКА

Хотя часто планетарные туманности имеют круглую форму, некоторые из них отличаются весьма замысловатыми очертаниями. Одна из таких необычных биполярных туманностей названа в честь нежного насекомого — бабочки. Объект находится в созвездии Скорпион и удален от нас на 3400 св. лет.

В центре туманности NGC 6302, или Бабочка, расположена очень горячая звезда, температура которой оценивается в 250 000 К. Она ярко светит в ультрафиолетовом диапазоне, но в видимых лучах скрыта слоем космической пыли. Газ, разогретый звездой и сброшенный ею когда-то, распространяется в пространстве со скоростью более 600 000 км/ч — на такой скорости можно преодолеть расстояние от Земли до Луны за 24 мин.

**Расстояние:** 3400 св. лет

**Диаметр:** 3 св. года

**Возраст:** 2200 лет

▽ Планетарная туманность NGC 6302 (Бабочка) в созвездии Скорпион. Снимок космического телескопа «Хаббл»



**Расстояние:** 650 св. лет

**Диаметр:** 2,5 св. года

**Возраст:** 10 600 лет

## ТУМАННОСТЬ NGC 7293

Это одна из самых ярких, известных и красивых планетарных туманностей. Ее можно увидеть уже в бинокль. Яркость вызвана прежде всего тем, что это одна из самых близких планетарных туманностей. До нее около 600 св. лет. Благодаря камере ACS, установленной на космическом телескопе «Хаббл», и данным наблюдений Национальной обсерватории Китт-Пик удалось установить, что скорость расширения туманности составляет 31 км/с. На основе этого определен возраст туманности — 10 600 лет.

У нее два распространенных названия — Улитка и Глаз Бога. Первое известно давно. На ранних черно-белых фотографиях в форме туманности действительно можно разглядеть раковину и голову улитки.

△ Планетарная туманность  
NGC 7293 (Улитка или Глаз Бога).  
Снимок Европейской южной обсерватории

**НА ЦВЕТНЫХ СНИМКАХ  
ПЛАНЕТАРНАЯ  
ТУМАННОСТЬ NGC 7293  
ГОРАЗДО БОЛЬШЕ ПОХОЖА  
НА ГЛАЗ, ПОЭТОМУ ОНА  
ПОЛУЧИЛА ВТОРОЕ  
НАЗВАНИЕ — ГЛАЗ БОГА.**

### В инфракрасном свете

В инфракрасный телескоп «Спитцер» туманность выглядит больше похожей на глаз зеленого монстра. Инфракрасный свет от внешних газовых слоев представлен в синих и зеленых цветах. Белый карлик виден как крошечная белая точка в центре изображения.

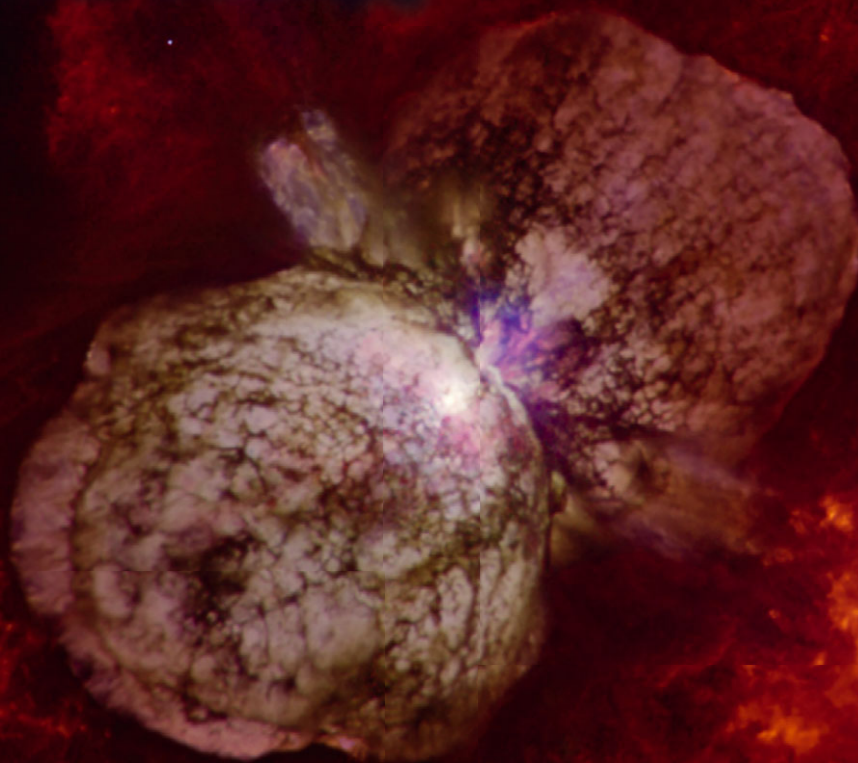
Яркий красный круг в центре — это свечение пылевого диска вокруг белого карлика (сам диск слишком мал, чтобы быть видимым при таком разрешении). Пыль, обнаруженная телескопом «Спитцер», вероятно, является следом комет, которые пережили гибель своей звезды. Прежде чем звезда умерла, кометы и, возможно, планеты двигались по орбитам вокруг нее в определенном порядке. Но когда со звезды срываются ее наружные оболочки, ледяные тела, внешние планеты беспорядочно сталкивались бы друг с другом. Любые внутренние планеты в системе сгорели бы или были проглочены в процессе расширения звезды.

Туманность NGC 7293 — одна из немногих мертвых звездных систем, в которых были найдены доказательства выживших комет.

▽ Планетарная туманность NGC 7293 в инфракрасном свете. Снимок космического телескопа «Спитцер»



# САМЫЕ-САМЫЕ В МИРЕ ЗВЕЗД



## ⊙ ГИПЕРГИГАНТ $\eta$ КИЛЯ

Одна из самых массивных и ярких светил нашей Галактики —  $\eta$  Киля. Звезда в 100–150 раз крупнее Солнца, что близко к теоретическому пределу. Ее светимость превышает солнечную в 5 млн раз. Если бы мы могли поместить звезды на одинаковое расстояние так, чтобы Солнце казалось слабой звездой величины 5<sup>m</sup>,  $\eta$  Киля сияла бы, как полная Луна. Звезда-гипергигант находится в чрезвычайно неустойчивом состоянии. На ней происходят взрывы, она сбрасывает свои оболочки. Астрономы предполагают, что дальше может произойти взрыв гиперновой — в десятки раз мощнее обычной сверхновой. Считается, что расстояние между Землей и  $\eta$  Киля достаточно велико, чтобы избежать губительных последствий этой катастрофы.

△ Туманность  
Гомункул и  $\eta$  Киля.  
Снимок космического  
телескопа «Хаббл»

## ЗВЕЗДА ТИГАРДЕНА

Звезда Тигардена — одна из ближайших к нам звезд, находящаяся на расстоянии 12 св. лет. Она видна только в крупные телескопы, поскольку является чрезвычайно тусклым красным карликом, найденным астрономами лишь в 2003 году. Вблизи звезды Тигардена Солнце показалось бы нам звездой величины  $3^m$ . Сама она видна как звездочка величины  $15^m$ . Светимость меньше солнечной более чем в 100 000 раз! Если ее поместить на место Солнца, она светила бы немного ярче полной Луны, а ее видимый размер был бы меньше солнечного в 7 раз.

◀ Звезда Тигардена  
в представлении художника

## ЗВЕЗДА ПШИБЫЛЬСКОГО

Это крайне необычная звезда, которая находится в 410 св. годах от Солнца в созвездии Центавра. Она имеет спектр, который не вписывается в стандартные спектральные классы. Наблюдения Антонина Пшибыльского в 1961 году показали необычно низкое количество железа и никеля в спектре звезды и большое количество редких элементов, таких как стронций, ниобий, скандий, иттрий, цезий, неодим, празеодим, торий, иттербий и уран. Загадка звезды Пшибыльского пока не имеет объяснения. Находка этого объекта бросила вызов астрономам: до сих пор считалось и считается, что все звезды формируются из одинакового межзвездного вещества — газа и пыли. Откуда же взялось светило с такими необычными свойствами?

▷ Звезда Пшибыльского



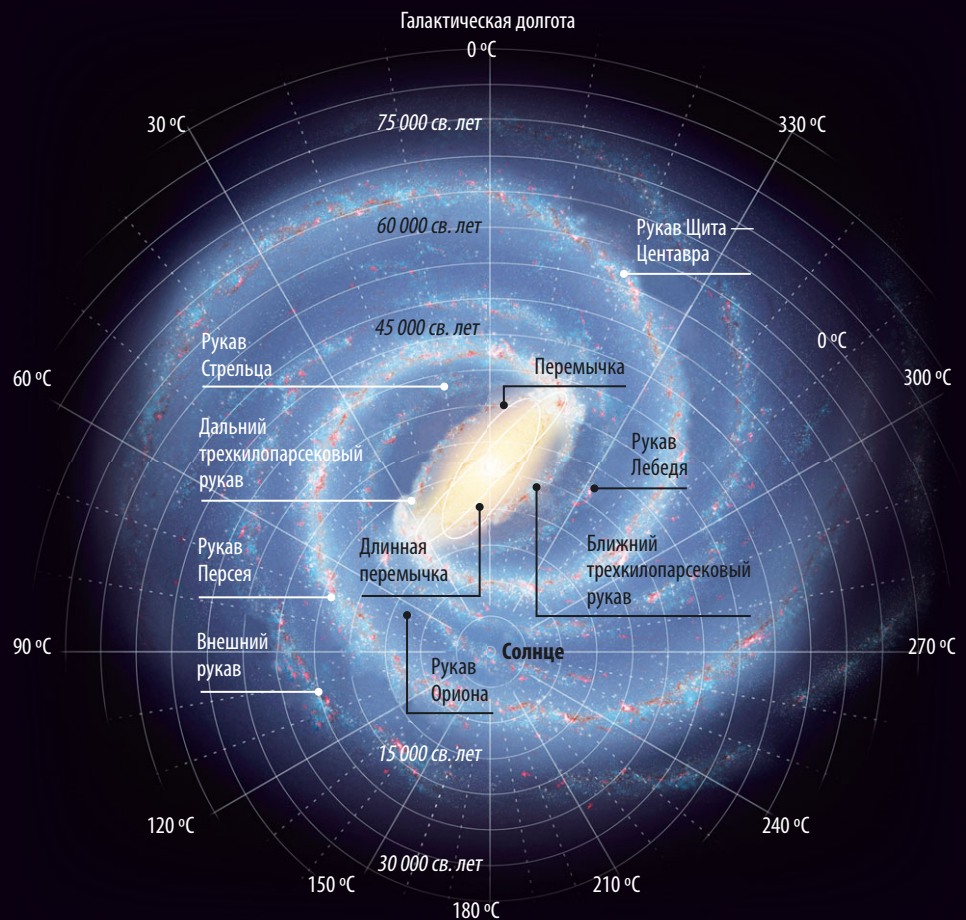
# ГАЛАКТИКА МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

**В ТЕМНУЮ БЕЗЛУННУЮ НОЧЬ ВДАЛИ ОТ БОЛЬШИХ ГОРОДОВ ЗАМЕТНА ПРОХОДЯЩАЯ ЧЕРЕЗ ВСЕ НЕБО СВЕТЯЩАЯСЯ БЕЛЕСАЯ ТУМАННАЯ ПОЛОСА — МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ. В ТЕЛЕСКОП ВИДНО, КАК ОНА РАСПАДАЕТСЯ НА МИЛЛИОНЫ СЛАБЫХ ЗВЕЗД. В ПОЛОСЕ НАХОДИТСЯ МНОГО ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ И ТУМАННОСТЕЙ. МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ — ЭТО ПРОЕКЦИЯ НА НЕБЕСНУЮ СФЕРУ ОГРОМНОЙ ДИСКОБРАЗНОЙ ЗВЕЗДНОЙ СИСТЕМЫ, В КОТОРОЙ НАХОДЯТСЯ СОЛНЦЕ И ВСЕ ОСТАЛЬНЫЕ ЗВЕЗДЫ. ОНА КАЖЕТСЯ НАМ ПОЛОСКОЙ, ПОТОМУ ЧТО МЫ НАХОДИМСЯ ВНУТРИ НЕЕ. РАССТОЯНИЕ ОТ СОЛНЦА ДО ЦЕНТРА МЛЕЧНОГО ПУТИ СОСТАВЛЯЕТ 26 000 СВ. ЛЕТ.**

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАЗВАНИЯ

«Млечный путь» с греческого — «галактика». Когда стали открывать другие звездные системы, то именovali галактиками и их, а для нашей добавили собственное имя — Млечный Путь. Иногда ее называют и просто Галактикой — с заглавной буквы.

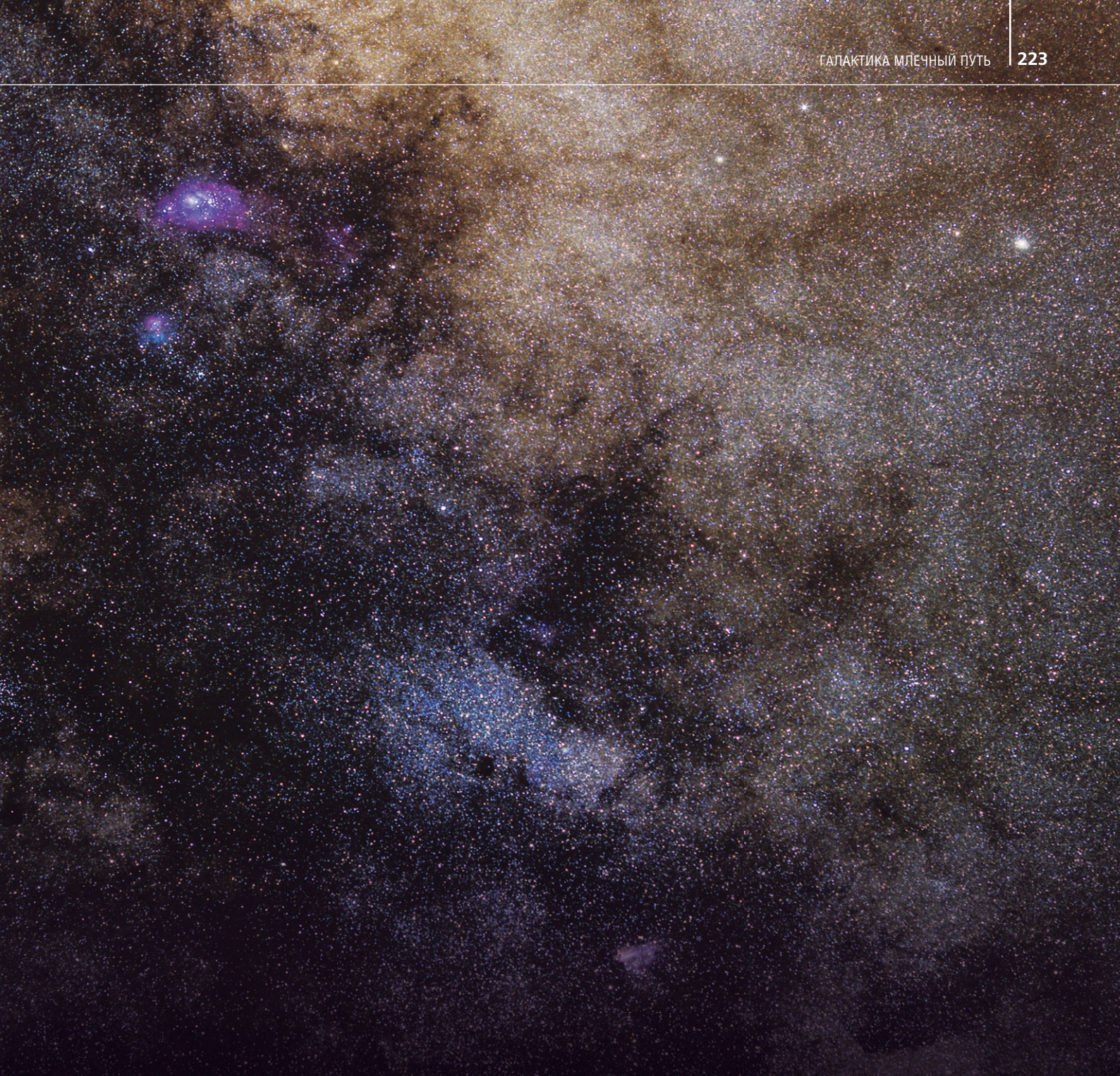
► Компьютерная модель галактики Млечный Путь



## СПИРАЛЬНЫЕ РУКАВА ГАЛАКТИКИ

Млечный Путь относится к классу спиральных галактик. Это означает, что у Галактики есть спиральные рукава, расположенные в плоскости диска.

Галактический диск окружен сфероидным гало, состоящим из старых звезд и шаровых скоплений. Центр симметрии гало Млечного Пути совпадает с центром галактического диска. Состоит гало в основном из очень старых, неярких, маломассивных звезд. Они существуют как поодиночке, так и в виде шаровых скоплений, которые могут содержать до миллиона звезд.



## РАЗМЕРЫ И СОСТАВ

В состав Млечного Пути входит от 200 до 400 млрд звезд. Известно, что Галактика состоит из плотного ядра, диска со спиральными рукавами и центральной перемычкой, а диск окружен выпуклым гало.

Галактический диск имеет диаметр около 100 000 св. лет. В его плоскости концентрируются молодые звезды и звездные скопления, возраст которых не превышает нескольких миллиардов лет. Среди них очень много ярких и горячих звезд. Газ в диске Галактики также сосредоточен в основном вблизи его плоскости.

Центр ядра Галактики виден в направлении созвездия Стрелец. Расстояние от него до Солнца составляет 8,5 кпк, или 27 700 св. лет. В центре Галактики, по всей видимости, располагается сверхмассивная черная дыра.

△ Участок  
Млечного Пути



# МАГЕЛЛАНОВЫ ОБЛАКА

**МОРЕПЛАВАТЕЛЯМ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ С ДАВНИХ ВРЕМЕН БЫЛИ ЗНАКОМЫ ДВА СВЕТЛЫХ ОБЛАКА, ПОХОЖИЕ НА ОТОРВАННЫЕ КУСОЧКИ МЛЕЧНОГО ПУТИ. ПЕРВОЕ УПОМИНАНИЕ О НИХ ПРИНАДЛЕЖИТ ПЕРСИДСКОМУ АСТРОНОМУ АС-СУФИ (X ВЕК). ОНИ ХОРОШО РАЗЛИЧИМЫ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ И НАХОДЯТСЯ В СОЗВЕЗДИЯХ ЗОЛОТАЯ РЫБА И ТУКАН. ПОСЛЕ КРУГОСВЕТНОГО ПЛАВАНИЯ ФЕРНАНА МАГЕЛЛАНА ЛЕТОПИСЕЦ ЭКСПЕДИЦИИ АНТониО ПИГАФЕТТА ПРЕДЛОЖИЛ НАЗВАТЬ ИХ МАГЕЛЛАНОВЫМИ ОБЛАКАМИ.**



△ Магеллановы  
Облака — спутники  
нашей Галактики.  
Снимок Европейской  
южной обсерватории

## НАШИ ВЕРНЫЕ СПУТНИКИ

Сейчас астрономы знают, что Магеллановы Облака — это карликовые галактики, спутники Млечного Пути. Они связаны гравитационным взаимодействием как с нашей Галактикой, так и друг с другом. Обе галактики окружает общая водородная оболочка. Большое Магелланово Облако в 10 раз меньше Млечного Пути, и в нем в 20 раз меньше звезд — около 30 млрд. Общая его масса меньше массы нашей Галактики в 300 раз. Малое Магелланово Облако содержит всего 1,5 млрд звезд.



## ТУМАННОСТЬ ТАРАНТУЛ

Самый впечатляющий объект Большого Магелланового облака — туманность Тарантул. Эта огромная эмиссионная туманность (диаметр 1800 св. лет, масса 500 000 солнечных масс) оказалась самой большой среди известных астрономам и получила название в честь крупного паука.

◁ Туманность Тарантул. Снимок  
Европейской южной обсерватории



## ◎ СКОПЛЕНИЕ R136

В самом центре туманности Тарантул находится чрезвычайно плотное звездное скопление R136 из молодых и массивных звезд. Всего их насчитывается более 100 000 с общей массой 450 000 солнечных. Сейчас скопление похоже по форме на рассеянное, но в будущем, через миллиарды лет, силы тяготения, вероятно, превратят его в шаровое.

R136 приковало к себе внимание астрономов в конце XX века. Предполагалось, что там находится огромная звезда с массой в 2000 раз больше массы Солнца. Теория строения звезд не допускает существования таких массивных светил. Впоследствии новые астрономические инструменты ведущих обсерваторий показали, что это не одна звезда, а очень плотный компонент скопления, содержащий несколько чрезвычайно ярких звезд с массой, превышающей 50 солнечных. Масса одной из них приближается к 300 солнечным, что тоже является вызовом теории.

△ Скопление R136.  
Снимок космического  
телескопа «Хаббл»

# ГАЛАКТИКА АНДРОМЕДЫ

**ТЕМНЫМИ ОСЕННИМИ ВЕЧЕРАМИ В СОЗВЕЗДИИ АНДРОМЕДА МОЖНО НЕВОООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ УВИДЕТЬ МАЛЕНЬКОЕ ТУМАННОЕ ПЯТНО. О НЕМ ЗНАЛИ ЕЩЕ В ДРЕВНИЕ ВРЕМЕНА: В X ВЕКЕ ПЕРСИДСКИЙ АСТРОНОМ АС-СУФИ УПОМЯНУЛ ЕГО В СВОЕМ ЗВЕЗДНОМ КАТАЛОГЕ. ТЕЛЕСКОП НА ЭТОТ ОБЪЕКТ ВПЕРВЫЕ НАВЕЛ СИМОН МАРИУС В 1612 ГОДУ, А ШАРЛЬ МЕСЬЕ В СЛЕДУЮЩЕМ СТОЛЕТИИ ВКЛЮЧИЛ ЕГО В СВОЙ КАТАЛОГ ТУМАННОСТЕЙ ПОД НОМЕРОМ 31. ТОЛЬКО В XX ВЕКЕ, КОГДА АСТРОНОМЫ СМОГЛИ РАЗДЕЛИТЬ ЕЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗВЕЗДЫ, А ЭДВИН ХАББЛ СУМЕЛ ОПРЕДЕЛИТЬ РАССТОЯНИЕ ДО НИХ, СТАЛО ОКОНЧАТЕЛЬНО ЯСНО, ЧТО ЭТО НЕ ГАЗОВОЕ ОБЛАКО, А ДАЛЕКАЯ ГАЛАКТИКА, КОТОРАЯ БОЛЬШЕ И МАССИВНЕЕ, ЧЕМ МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ. ОДНАКО В ПОПУЛЯРНЫХ ТЕКСТАХ ЕЕ ЧАСТО НАЗЫВАЮТ ПО-СТАРОМУ — ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ. ОНА СОДЕРЖИТ ПРИМЕРНО ТРИЛЛИОН ЗВЕЗД, ЧТО, ПО РАЗНЫМ ОЦЕНКАМ, ОТ 2 ДО 5 РАЗ БОЛЬШЕ, ЧЕМ В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ.**

## ◎ СПУТНИКИ M32 И M110

Галактика Андромеды, или M31, — легкий объект для наблюдений начинающего астронома-любителя. Она отлично видна уже в бинокль. Телескоп покажет больше деталей, а также позволит рассмотреть ее спутники — эллиптические галактики M32 и M110. В ядре M31, как и в нашем Млечном Пути и других галактиках, расположена сверхмассивная черная дыра. Ее масса, согласно расчетам, превышает 140 млн масс Солнца.

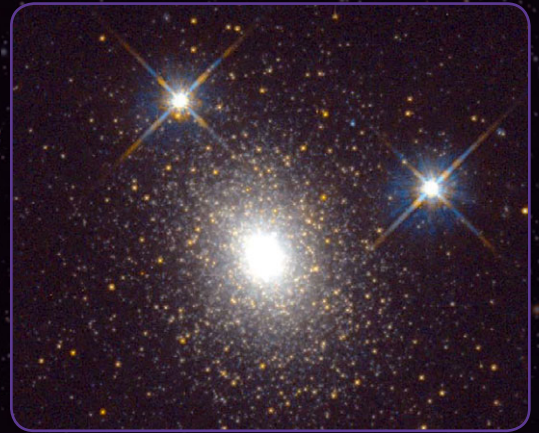
Изображения, полученные космическим телескопом «Спитцер», показывают, что галактика-спутник M32 прошла через один из спиральных рукавов Андромеды несколько миллионов лет назад. На снимках видно отверстие, вокруг которого кольца выглядят разделившимися на дуги. Его, как считают астрономы, пробила M32 в галактическом диске Андромеды.



△ Галактика Андромеды в инфракрасных лучах. Снимок космического телескопа «Спитцер»

## ☉ MAYALL II

В галактике M31 найдено около 460 шаровых скоплений. Наибольшее из них — Mayall II, называемое еще G1, — самое яркое среди всех скоплений в ближайших галактиках. Оно опережает по светимости даже известное скопление Млечного Пути — Омегу Центавра. Mayall II содержит как минимум 300 000 старых звезд. Структура скопления, а также состав звездного «населения» указывают на то, что, скорее всего, это ядро древней карликовой галактики, когда-то поглощенной M31. Согласно исследованиям, в центре Mayall II находится черная дыра массой 20 000 Солнц. Подобные объекты существуют и в других скоплениях.



△ Шаровое скопление Mayall II, или G1

АНДРОМЕДА И МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ  
ПРИБЛИЖАЮТСЯ ДРУГ К ДРУГУ  
И, ВОЗМОЖНО, ЧЕРЕЗ 3–4 МЛРД  
ЛЕТ СОЛЮТСЯ В ОДНУ  
БОЛЬШУЮ ГАЛАКТИКУ.



△ M31 (галактика Андромеды) и ее спутники M32 и M110

# ГАЛАКТИКА ТРЕУГОЛЬНИКА

**ЧЕТВЕРТАЯ ПО ЯРКОСТИ ГАЛАКТИКА НА ЗЕМНОМ НЕБЕ (ПОСЛЕ МАГЕЛЛАНОВЫХ ОБЛАКОВ И ГАЛАКТИКИ АНДРОМЕДЫ), МЗЗ ВИДНА В СОЗВЕЗДИИ ТРЕУГОЛЬНИК. ОЧЕНЬ ЗОРКИЕ ЛЮДИ МОГУТ УВИДЕТЬ ЕЕ ДАЖЕ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ. МЗЗ СЧИТАЕТСЯ СПУТНИКОМ ГАЛАКТИКИ АНДРОМЕДЫ. ОБЕ ОНИ РАСПОЛОЖЕНЫ НА НЕБЕ НЕДАЛЕКО ДРУГ ОТ ДРУГА И, КРОМЕ ТОГО, СВЯЗАНЫ НЕСКОЛЬКИМИ ПОТОКАМИ ЗВЕЗД И НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА.**

▽ МЗЗ (галактика Треугольника). Снимок обсерватории Ла-Силья в Чили



## РАЗМЕРЫ М33

Галактика Треугольника в 5–10 раз меньше Млечного Пути по массе, а по диаметру — в 2 раза (и в 4 раза меньше галактики Андромеды). Диаметр — около 50 000 св. лет, согласно сегодняшним представлениям ученых, типичен для спиральных галактик, к которым относятся галактики Треугольника, Андромеды и Млечный Путь. Свет от М33 идет до нас 2,9 млн лет.



## РАЗНООБРАЗИЕ ОБЪЕКТОВ В БЛИЗКОЙ ГАЛАКТИКЕ

В галактике Треугольника было найдено 54 шаровых скопления, но реальное их количество может быть 122 и больше. Возраст скоплений, вероятно, на несколько миллиардов лет меньше, чем шаровых в Млечном Пути, а процессы звездообразования в них, по видимому, активизировались в течение последних 100 млн лет.

В 2007 году с помощью гавайского телескопа «Джемини» и рентгеновского телескопа «Чандра» в М33 была обнаружена черная дыра М33 X-7. Ее масса равна примерно 16 массам Солнца. Это одна из самых крупных известных черных дыр. Она образует двойную систему со звездой массой 70 солнечных масс и возрастом не более 3 млн лет. Согласно модели, она сколлапсирует спустя 2–3 млн лет, превратившись в другую черную дыру.

◁ М33 в инфракрасном излучении.  
По данным телескопа «Спитцер»

## ГИГАНТСКАЯ ТУМАННОСТЬ

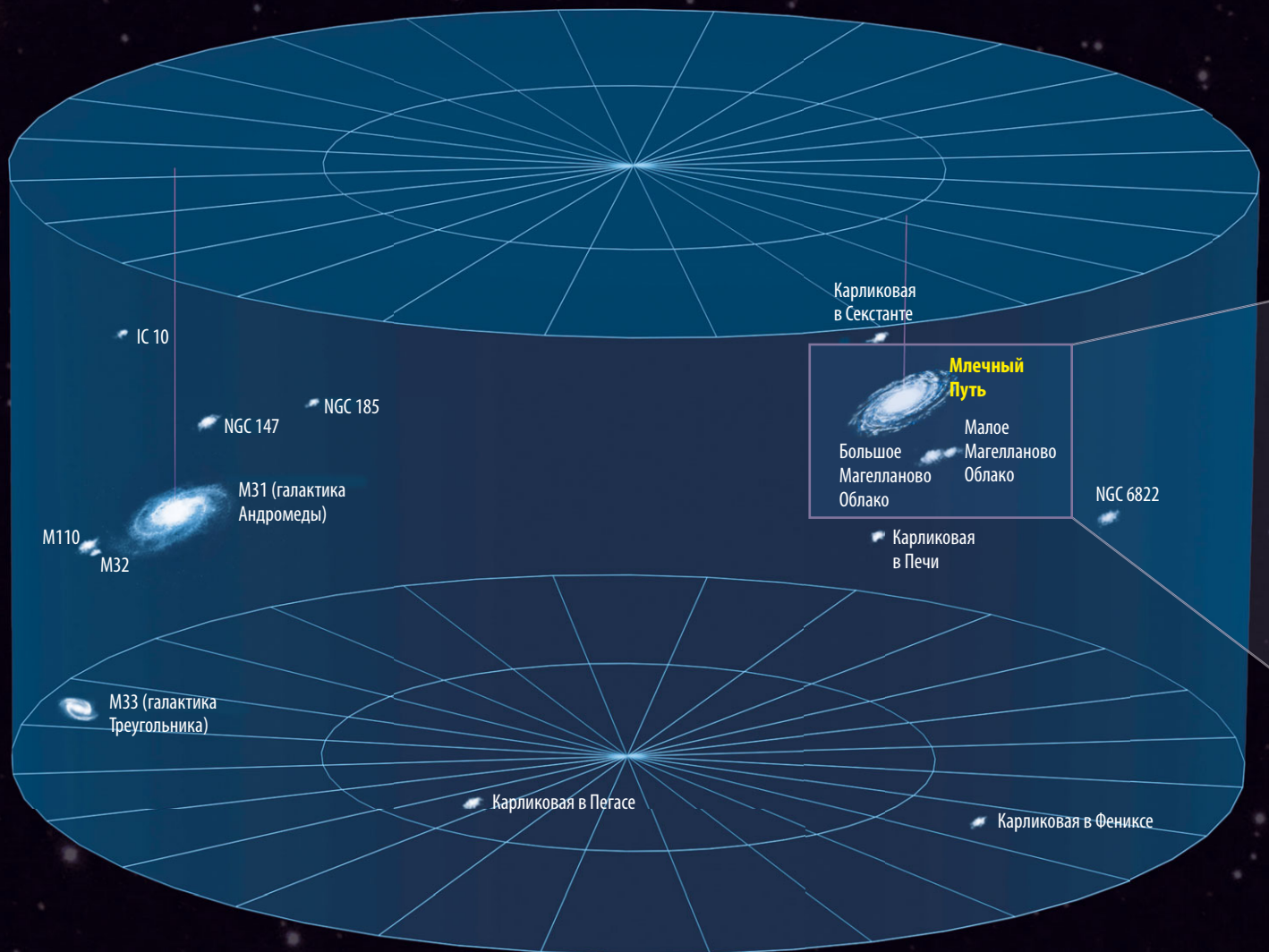
В галактике много активных очагов звездообразования. Особой ее достопримечательностью является эмиссионная туманность NGC 604, свечение которой, как и во всех объектах такого типа, вызывается расположенным в ее центре звездным скоплением. Ее размер в 40 раз, а светимость в 6300 раз больше, чем у туманности Ориона, и если бы она находилась на таком же расстоянии, то была бы ярче планеты Венеры.



▷ Туманность NGC 604.  
Снимок космического телескопа «Хаббл»

# МЕСТНАЯ ГРУППА ГАЛАКТИК

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ, ГАЛАКТИКА АНДРОМЕДЫ, ГАЛАКТИКА ТРЕУГОЛЬНИКА И ЕЩЕ БОЛЕЕ 50 ГАЛАКТИК ВХОДЯТ В ТАК НАЗЫВАЕМУЮ МЕСТНУЮ ГРУППУ ГАЛАКТИК, ГРАВИТАЦИОННО СВЯЗАННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ. ПРОТЯЖЕННОСТЬ МЕСТНОЙ ГРУППЫ ГАЛАКТИК — ПОРЯДКА 1 МГК (БОЛЕЕ 3 МЛН СВ. ЛЕТ). ЧИСЛО ИЗВЕСТНЫХ ЕЕ ЧЛЕНОВ ПОСТОЯННО УВЕЛИЧИВАЕТСЯ С ОТКРЫТИЕМ НОВЫХ ГАЛАКТИК. АСТРОНОМЫ РАЗДЕЛИЛИ ВСЕ ГАЛАКТИКИ МЕСТНОЙ ГРУППЫ НА ТРИ ПОДГРУППЫ.



## ПОДГРУППА МЛЕЧНОГО ПУТИ

В настоящее время у Млечного Пути известно 14 галактик-спутников и еще 16 звездных систем предположительно являются ими. Крупнейшие из них — Магеллановы Облака. Остальные так слабы, что с трудом видны даже в крупные инструменты. Они имеют ничтожную по сравнению с Млечным Путем массу и чаще всего неправильную или эллиптическую форму.

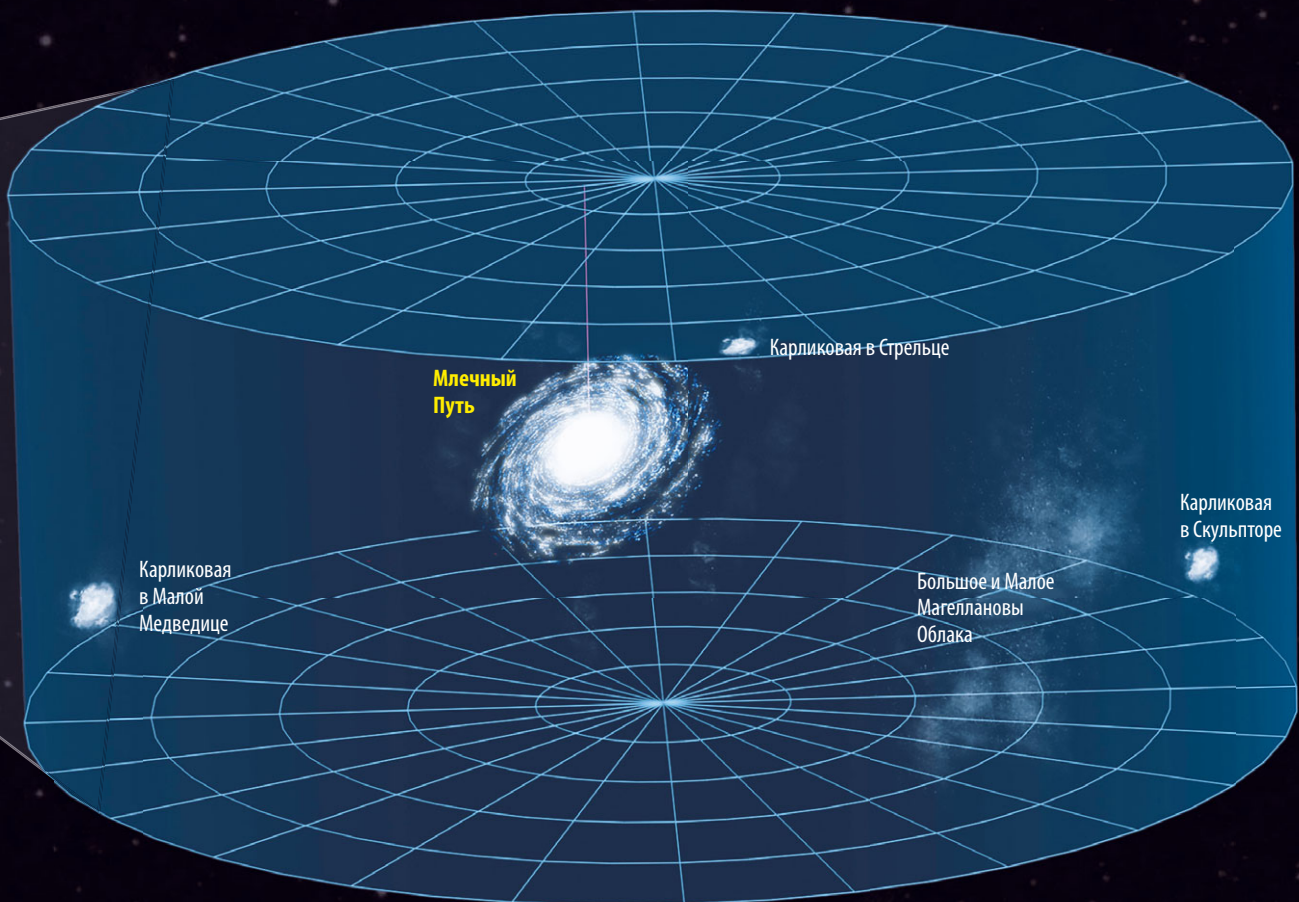
## ПОДГРУППА АНДРОМЕДЫ

По состоянию на 2005 год у галактики Андромеды насчитывалось 18 спутников. В настоящий момент в ее подгруппе присутствует около 30 объектов, но не до конца понятно, все ли они действительно являются ее спутниками. Как отмечалось выше, спутником этой гигантской спиральной галактики может оказаться и средних размеров галактика Треугольника, также имеющая спиральную структуру. Подавляющее большинство спутников М31 — это карликовые эллиптические галактики.

## ПОДГРУППА ТРЕУГОЛЬНИКА

В настоящее время эта подгруппа является скорее гипотетической, так как у галактики Треугольника нет ни одной доказанной галактики-спутника.

▽ Подгруппа Млечного Пути





# КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК

**ГАЛАКТИК БЕСЧИСЛЕННОЕ МНОЖЕСТВО, И КАЖДАЯ ИМЕЕТ СВОИ НЕПОВТОРИМЫЕ ОСОБЕННОСТИ. ОДНАКО ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИХ СТРОЕНИИ ПРОСЛЕДИТЬ МОЖНО. НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБИТЕЛЬНУЮ КЛАССИФИКАЦИЮ ГАЛАКТИК РАЗРАБОТАЛ ЭДВИН ХАББЛ, РАЗДЕЛИВ ИХ НА ТРИ ГРУППЫ: ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ, СПИРАЛЬНЫЕ И СПИРАЛЬНЫЕ С ПЕРЕМЫЧКОЙ. БОЛЬШИНСТВО НАБЛЮДАЕМЫХ КРУПНЫХ ГАЛАКТИК ОТНОСИТСЯ К ТАКИМ ТИПАМ. В ДАННУЮ КЛАССИФИКАЦИЮ НЕ ВХОДЯТ (НО ПОЗЖЕ БЫЛИ ДОБАВЛЕНЫ) КАРЛИКОВЫЕ, НЕПРАВИЛЬНЫЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ДРУГ С ДРУГОМ ГАЛАКТИКИ.**

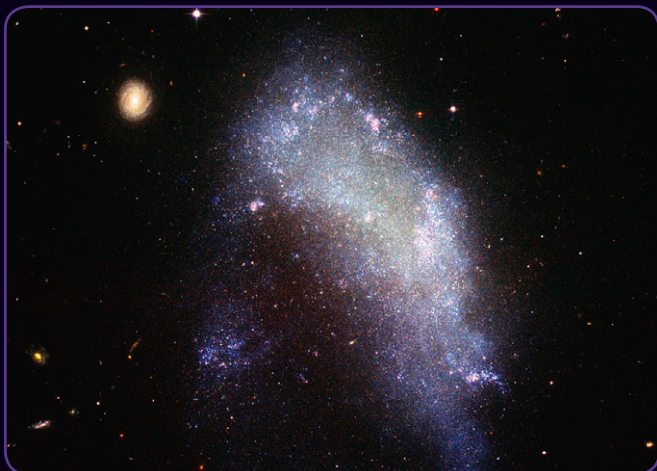
## МНОГООБРАЗИЕ ЗВЕЗДНЫХ ОСТРОВОВ

Эллиптические галактики имеют гладкую эллиптическую форму (от сильно сплюснутых до почти круглых). Они обозначаются буквой E и цифрой, которая является индексом сплюснутости галактики. Эллиптические галактики состоят из старых звезд и практически полностью лишены газа.

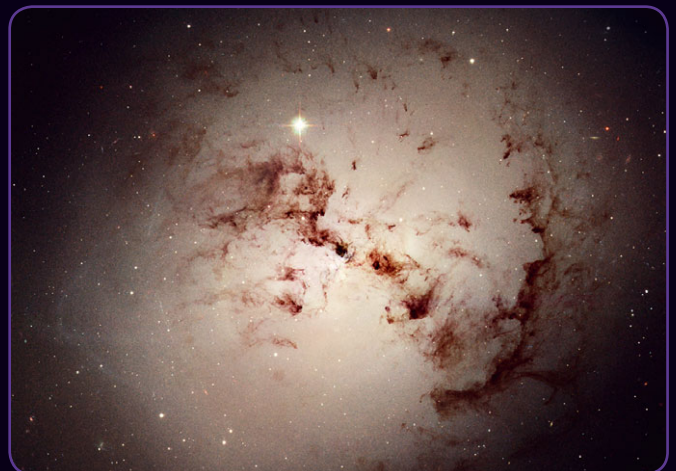
Спиральные галактики состоят из уплотненного диска из звезд и газа, в центре которого находится сферическое уплотнение или выпуклость — балдж, а также обширного сферического гало. В плоскости диска формируются яркие спиральные рукава, состоящие преимущественно из молодых звезд, газа и пыли. Хаббл разделил все известные спиральные галактики на нормальные спирали (обозначаются символом S) и спирали с баром, то есть перемычкой (SB).



△ NGC 1300 — спиральная галактика с перемычкой. Снимок космического телескопа «Хаббл»



△ NGC 1427A — неправильная галактика. Снимок космического телескопа «Хаббл»



△ NGC 1316 — эллиптическая галактика. Снимок космического телескопа «Хаббл»

**ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ТИПОВ ГАЛАКТИК**

**E0–E7** — эллиптические галактики, имеющие относительно равномерное распределение звезд без явного ядра. Цифра показывает степень сплюсненности: галактики E0 практически шарообразны, с увеличением номера развивается уплощение.

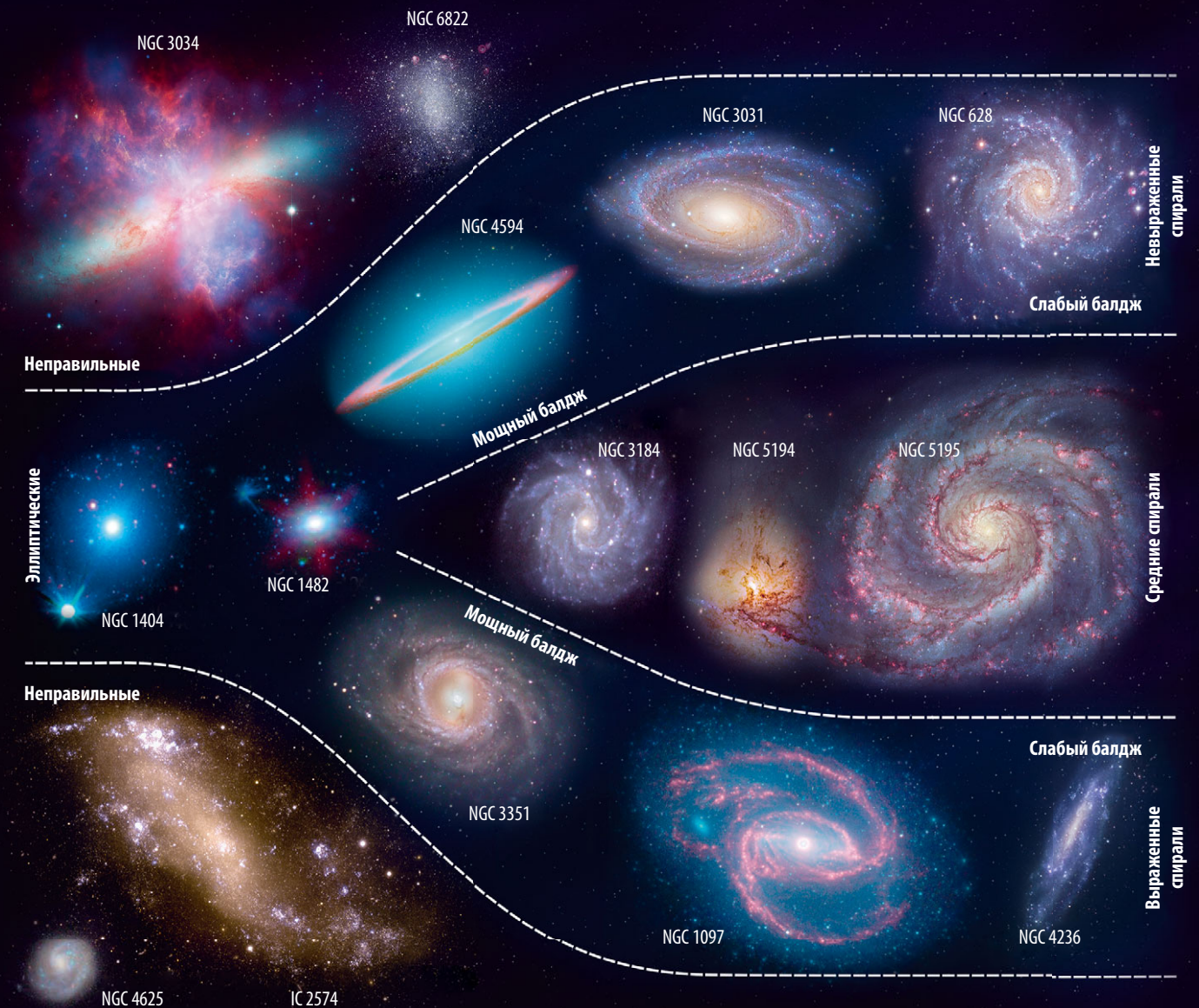
**S0** — линзообразные галактики дискообразной формы с явно выраженным центральным балджем, но без наблюдаемых рукавов.

**Sa, Sb, Sc, Sd** — спиральные галактики, состоящие из балджа и внешнего диска, содержащего рукава. Буква показывает, насколько плотно расположены рукава.

**SBa, SBb, SBc, SBd** — спиральные галактики с перемычкой, в которых центральный балдж пересекает яркий бар, от которого отходят рукава.

**Irr** — неправильные галактики, которые не могут быть отнесены ни к одному из перечисленных классов.

▽ Примеры галактик различных типов



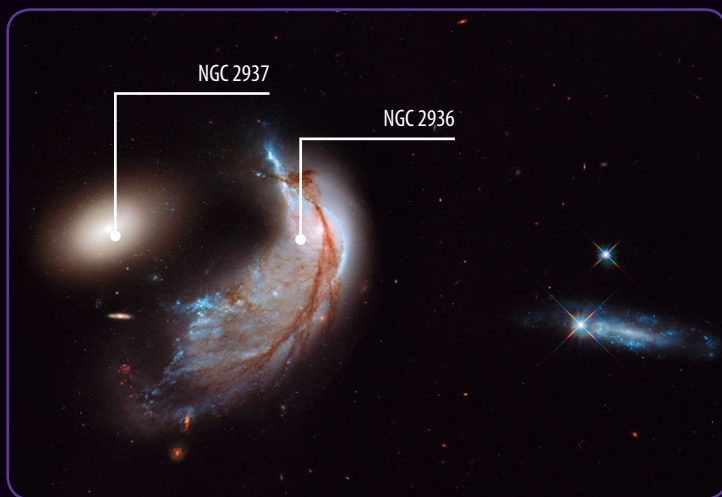
# ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ

**МНОГИЕ РАСПОЛОЖЕННЫЕ БЛИЗКО ДРУГ К ДРУГУ ГАЛАКТИКИ ИСПЫТЫВАЮТ ГРАВИТАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, КОТОРОЕ СУЩЕСТВЕННО ВЛИЯЕТ НА ФОРМУ, ДВИЖЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И ЗВЕЗД, ПРОЦЕССЫ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ, А ИНОГДА И ОБМЕН ВЕЩЕСТВОМ МЕЖДУ ГАЛАКТИКАМИ. ЗВЕЗДЫ И ГАЗ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЛАКТИКАХ МОГУТ ОБРАЗОВЫВАТЬ ХВОСТЫ, МОСТЫ, ВЫБРОСЫ САМЫХ ПРИЧУДЛИВЫХ ФОРМ. В НЕКОТОРЫХ СЛУЧАЯХ ПРОИСХОДИТ СТОЛКНОВЕНИЕ ГАЛАКТИК. ОНИ МОГУТ СЛИТЬСЯ В ОДНУ, А МОГУТ И СОХРАНИТЬСЯ.**

## ◎ ГАЛАКТИКА ВОДОВОРОТ

М51 и NGC 5195 связаны гравитационным взаимодействием. Одна из спиральных ветвей М51 превратилась в своеобразный звездный мост между двумя галактиками. Эта неразлучная пара танцует свой галактический вальс по меркам Вселенной сравнительно недалеко от нас — 23–25 млн св. лет.

▷ Галактика Водоворот (М51), на конце одного из спиральных рукавов которой находится галактика-компаньон NGC 5195. Снимок космического телескопа «Хаббл»



△ Взаимодействие NGC 2936/2937. Снимок космического телескопа «Хаббл». Хорошо виден голубой свет молодых звезд, зарождающихся в NGC 2936

## ◎ NGC 2936/2937

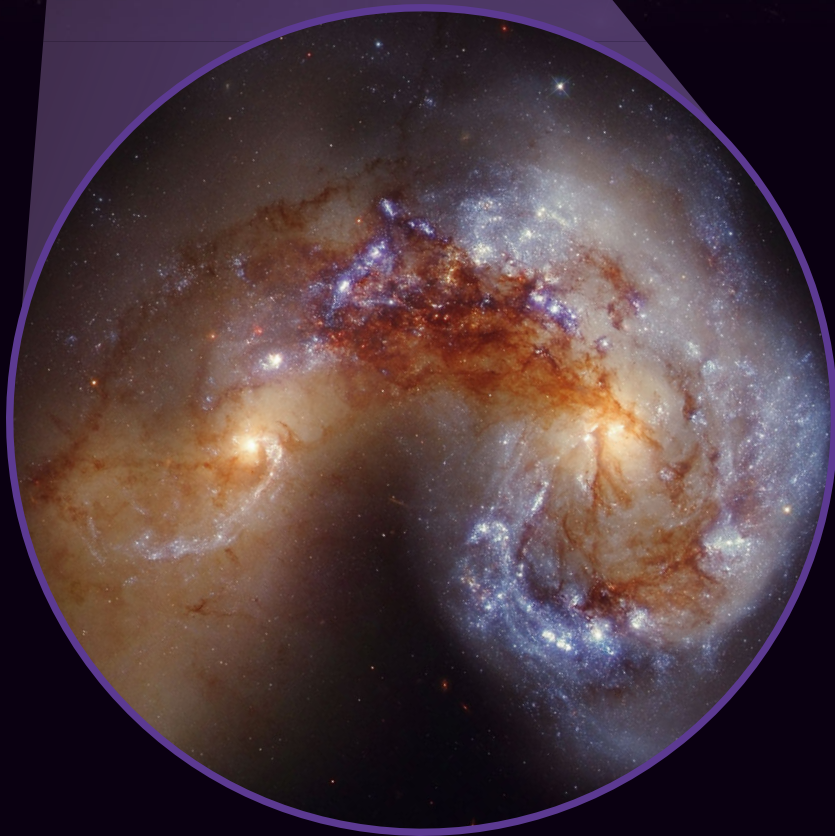
Картина этого взаимодействия весьма драматична. Прежде NGC 2936 была обычной спиральной галактикой. Сейчас от правильного плоского диска ничего не осталось. Спиральные ветви деформировались и вытянулись в хвосты. Гравитация соседней галактики сжимает в NGC 2936 газ и пыль, в результате чего запускаются процессы звездообразования. На эллиптическую галактику NGC 2937 взаимодействие не произвело никакого видимого эффекта. Она сохраняет правильную овальную форму и светит красноватым светом старых звезд без признаков вспышки звездообразования.

▷ NGC 4038/4039 — галактики Антенны.  
Снимок космического телескопа «Хаббл»

## ◎ ГАЛАКТИКИ АНТЕННЫ

Главной особенностью сталкивающихся галактик NGC 4038/4039 стали длинные усы из звезд, газа и пыли, благодаря которым пара получила свое неофициальное название — Антенны.

Около 1,2 млрд лет назад это были обычные спиральные галактики. Однако 900 млн лет назад началось столкновение. Сегодня ядра сливаются в одно, а выброшенные усы тянутся далеко за пределы галактик. Полное слияние ядер ожидается в течение 400 млн лет. Как предполагают ученые, в результате образуется эллиптическая галактика.

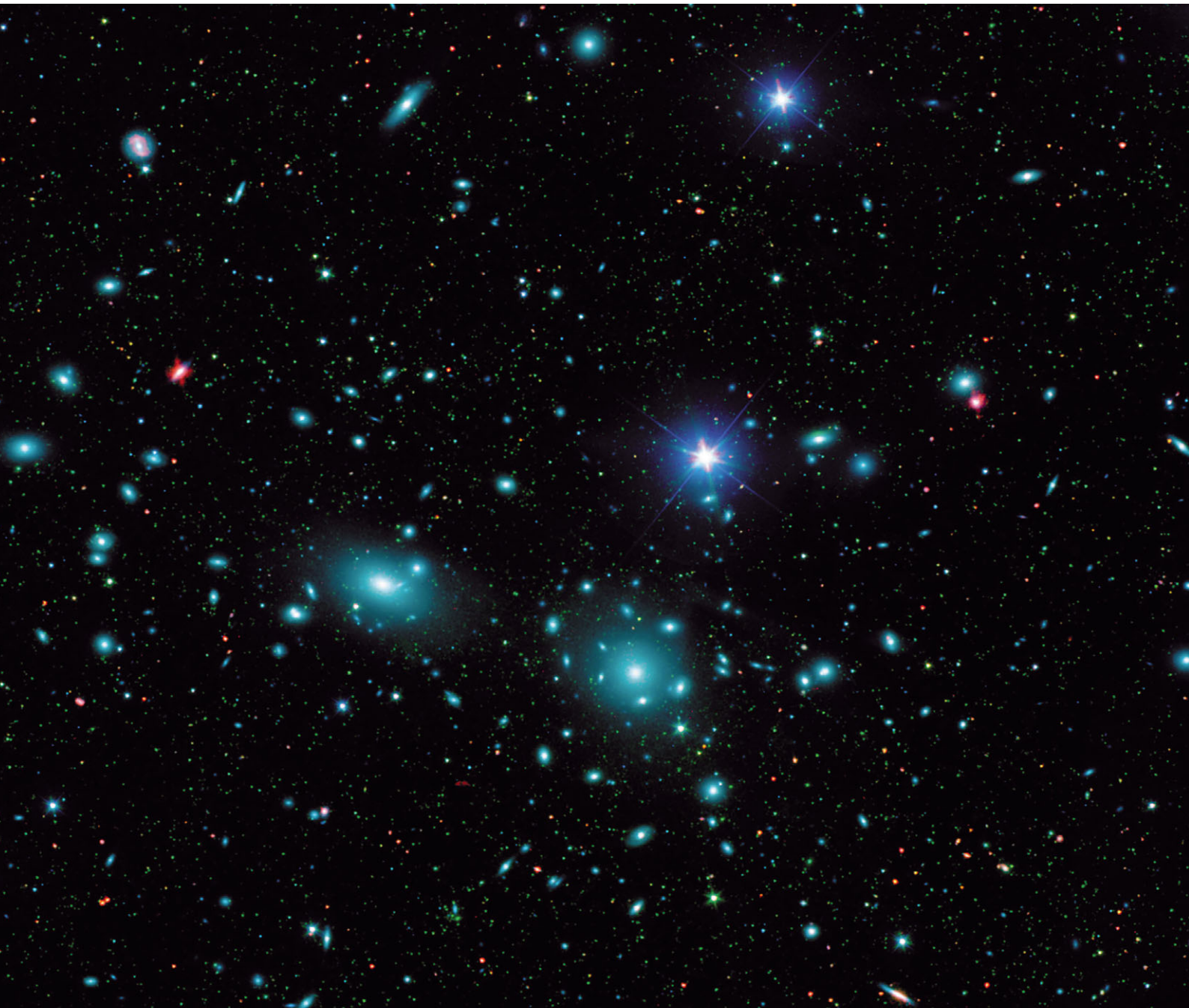


# СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

**ВСЕЛЕННАЯ ВОВСЕ НЕ ХАОТИЧНА. ВСЕ ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВХОДЯТ В РАЗНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫЕ СТРУКТУРЫ. ЗВЕЗДЫ ЯВЛЯЮТСЯ ЭЛЕМЕНТАМИ ГАЛАКТИК, А САМИ ГАЛАКТИКИ, КАК МЫ ВИДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ МЕСТНОЙ ГРУППЫ, ОБЪЕДИНЯЮТСЯ В СИСТЕМЫ.**

**АСТРОНОМЫ ИМЕЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ НАБЛЮДАТЬ БЕСЧИСЛЕННОЕ МНОЖЕСТВО СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК — ОДНИ ИЗ САМЫХ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СТРУКТУР ВО ВСЕЛЕННОЙ. КАК ПРАВИЛО, ОНИ СОДЕРЖАТ ОТ 100 ДО 1000 ГАЛАКТИК И ИМЕЮТ МАССЫ ОТ  $10^{14}$  ДО  $10^{15}$  СОЛНЕЧНЫХ. ПРИ ЭТОМ БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ МАССЫ ПРИХОДИТСЯ НЕ НА САМИ ГАЛАКТИКИ — ИХ ДОЛЯ СОСТАВЛЯЕТ ВСЕГО 1 %. ЕЩЕ 9 % — ЭТО ГОРЯЧИЙ МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЙ ГАЗ, ОСТАЛЬНЫЕ 90 % — ТАИНСТВЕННАЯ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ.**

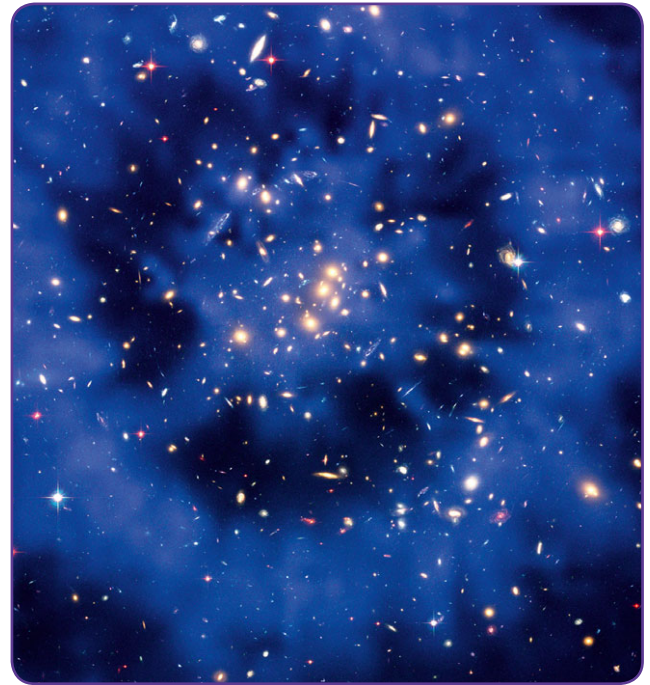
▽ Скопление галактик в созвездии Волосы Вероники. Изображение в ультрафиолетовом и видимом диапазоне, полученное космическим телескопом «Спитцер»



## В КОЛЬЦЕ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

Астрономы не могут наблюдать темную материю непосредственно, однако о присутствии ее говорит гравитация, действие которой на другие тела можно увидеть на фотографиях скоплений галактик, в частности CL0024+17 в созвездии Рыбы.

Представленное изображение — компьютерная обработка снимка телескопа «Хаббл». Изучение оригинальной фотографии выявило множество слабых искажений изображений галактик, появившихся в результате гравитационного линзирования. Это позволило сделать предположение, что центр скопления галактик CL0024+17 окружен грандиозным кольцом из темной материи, лишенным обычного вещества. Размер его, как показывает компьютерное моделирование, около 5 млн св. лет. При компьютерной обработке кольцо наложили на светло-голубой фон фотографии. По одной из гипотез, это временное образование, возникшее в результате столкновения скопления галактик с другим скоплением около миллиарда лет назад.



△ Скопление галактик CL0024+17. Снимок космического телескопа «Хаббл»

## ВЕЛИКОЕ СТОЛКНОВЕНИЕ

На снимке — столкновение и слияние четырех некогда самостоятельных скоплений галактик. Когда сталкиваются несколько скоплений галактик, обширные области разогретого газа тормозятся, взаимодействуя друг с другом, но в целом галактики, состоящие в основном из пустоты (промежутки между звездами) и влияющие друг на друга лишь гравитационно, не уменьшают скорость так быстро. Таким образом, сопоставление изменений скоростей галактик и газовых облаков помогает рассчитать первоначальную скорость и направление каждого скопления.

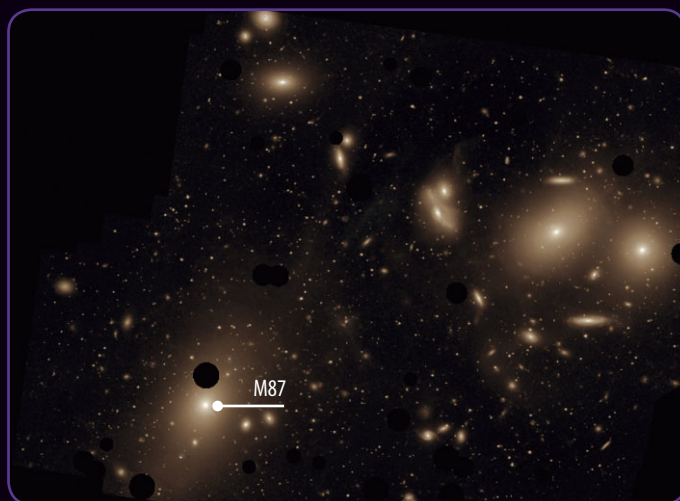
▽ Скопление галактик MACS 0717. Составное изображение, полученное рентгеновским телескопом «Чандра»



## ☉ СКОПЛЕНИЕ ДЕВЫ

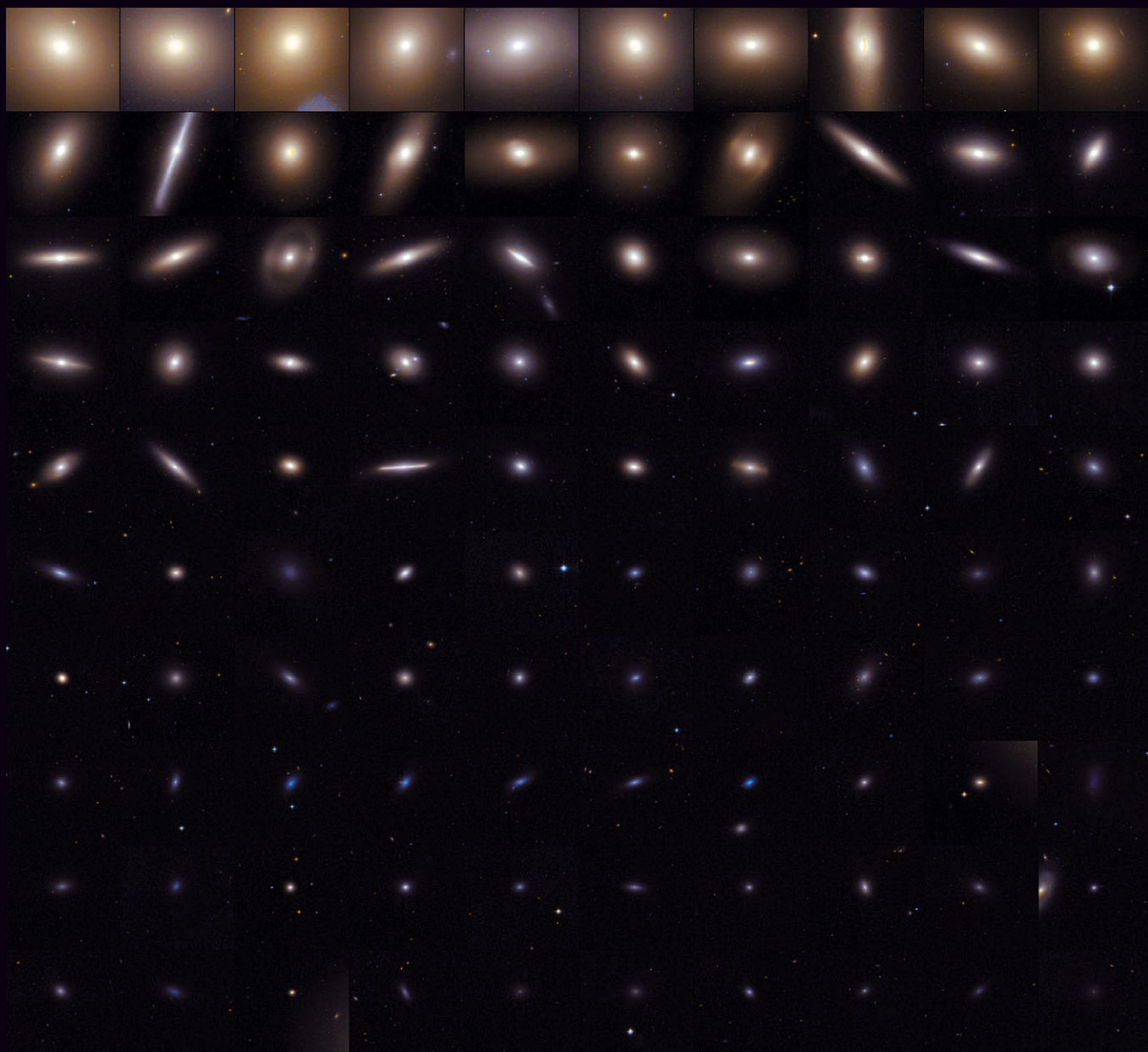
Самое близкое к нам скопление галактик расположено в направлении созвездия Дева. До него — от 15 до 22 Мпк, то есть отдельные его галактики расположены на расстояниях примерно от 40 до 70 млн св. лет. В скоплении насчитывается, по крайней мере, 1300 галактик (но, скорее всего, их число приближается к 2000). На земном небе скопление занимает довольно большой участок в созвездии Дева.

Ярчайшие галактики этого скопления были описаны еще Шарлем Мессье в его каталоге туманных объектов. Многие из них доступны любительским инструментам.



△ Скопление Дева. Со снимка удалены изображения ярких передних звезд (темные пятна)

### ▽ 100 галактик скопления Девы в виде таблицы

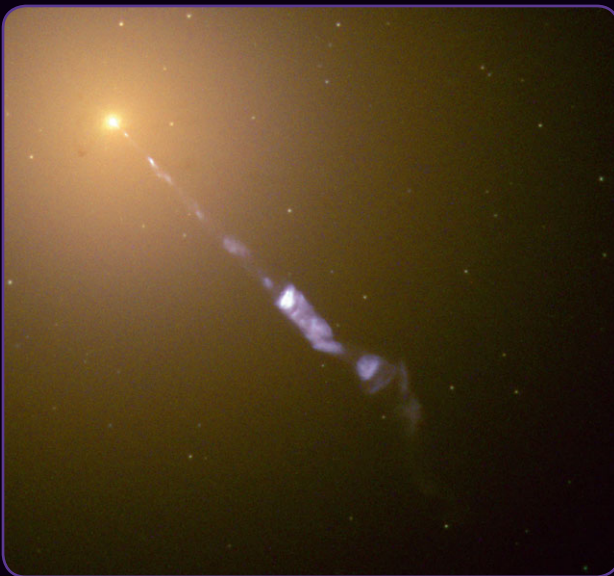


### Гигантская эллиптическая галактика M87

Эллиптическая галактика-сверхгигант M87 — крупнейшая в созвездии Дева. Расположена на расстоянии около 53,5 млн св. лет от Земли. M87 — вторая по яркости галактика в скоплении Девы.

Это галактика с активным ядром, в котором находится сверхмассивная черная дыра. Последняя является мощным источником разных видов излучения, особенно радиоволн, а также порождает релятивистскую струю (джет). Этот выброс энергетической плазмы из ядра простирается как минимум на 4900 св. лет.

▽ Джет в M87. Снимок космического телескопа «Хаббл»



△ M60 и NGC 4647. Снимок космического телескопа «Хаббл»

### Пара галактик M60 и NGC 4647

Эта пара состоит из эллиптической и спиральной галактик. Хотя они расположены близко друг от друга в пространстве Вселенной, астрономы долгое время спорили, действительно ли между ними имеется взаимодействие. Дело в том, что в этих галактиках не наблюдается активного звездообразования, которое является обычной реакцией на гравитационные возмущения и обмен веществом в системах. Но в 2012 году с помощью телескопа «Хаббл» удалось обнаружить наличие между парными галактиками приливного взаимодействия.

### ЦЕПОЧКА МАРКАРЯНА

Несколько галактик в скоплении Девы образуют так называемую цепочку Маркаряна. Цепочка — потому, что они выглядят расположенными вдоль гладкой кривой. Названа в честь советского астрофизика Вениамина Егишевича Маркаряна, открывшего их общее движение в начале 1960-х годов. Как минимум семь из этих галактик движутся согласованно, остальные могли случайно наложиться на цепочку.

▷ Цепочка Маркаряна



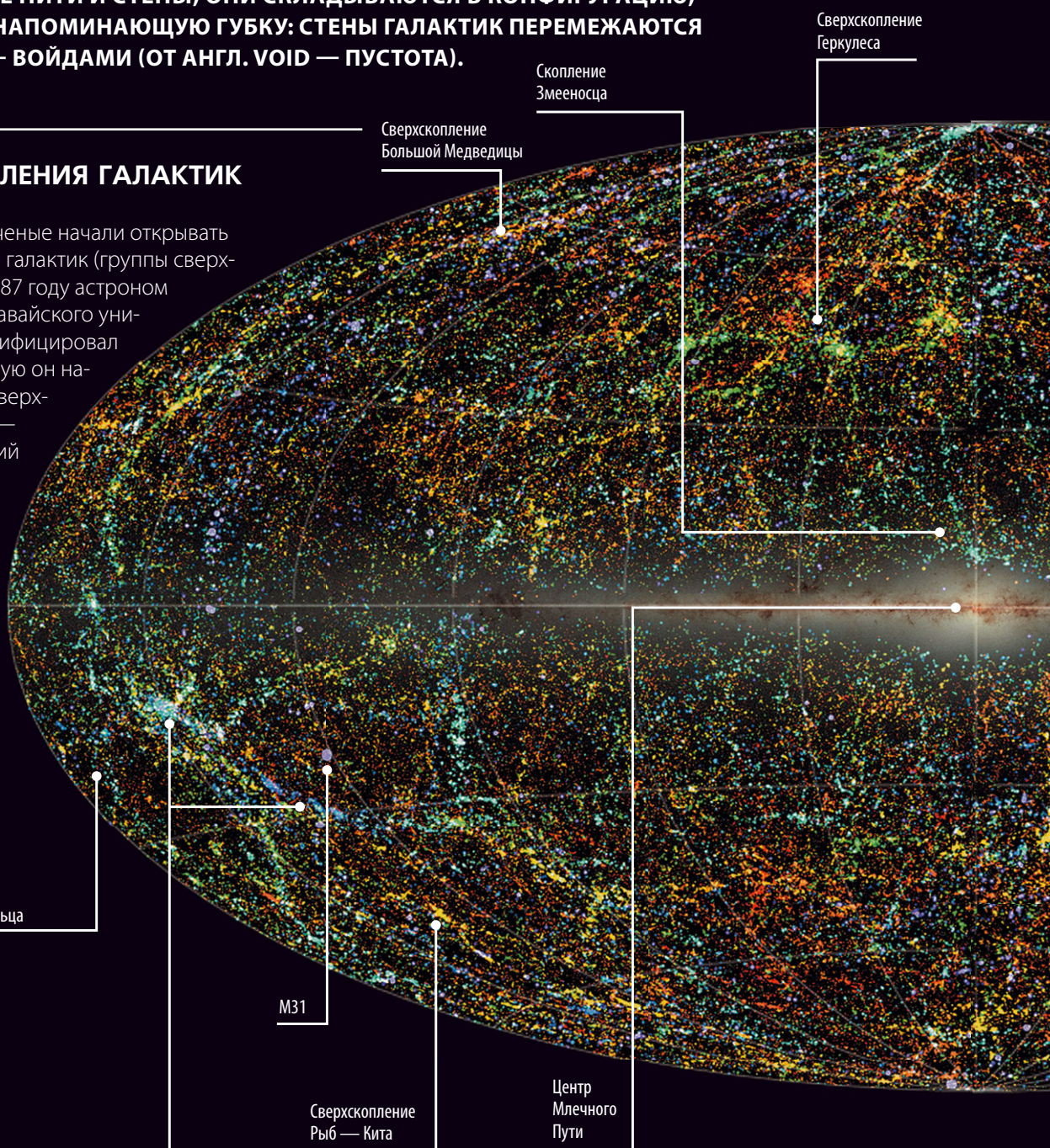


# КРУПНОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ

**СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК — ДАЛЕКО НЕ САМЫЕ КРУПНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ. ОНИ ЯВЛЯЮТСЯ ОТДЕЛЬНЫМИ ЧАСТИЧКАМИ ЕЩЕ БОЛЕЕ ГИГАНТСКИХ СТРУКТУР — СВЕРХСКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК И ИХ ГРУПП — ГИПЕРСКОПЛЕНИЙ. НО ДАЖЕ И ТЕ НЕ ВЕНЧАЮТ ВЕРШИНУ ИЕРАРХИИ СТРУКТУРЫ ВСЕЛЕННОЙ. СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ОБРАЗУЮТ ГАЛАКТИЧЕСКИЕ НИТИ И СТЕНЫ, ОНИ СКЛАДЫВАЮТСЯ В КОНФИГУРАЦИЮ, ПО СТРОЕНИЮ НАПОМИНАЮЩУЮ ГУБКУ: СТЕНЫ ГАЛАКТИК ПЕРЕМЕЖАЮТСЯ С ПУСТОТАМИ — ВОЙДАМИ (ОТ АНГЛ. VOID — ПУСТОТА).**

## ГИПЕРСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

В 1980-х годах ученые начали открывать гиперскопления галактик (группы сверхскоплений). В 1987 году астроном Брент Талли из Гавайского университета идентифицировал структуру, которую он назвал Комплекс сверхскоплений Рыб — Кита, включающий сверхскопление Девы и Местную группу галактик. Основная часть этого гигантского образования находится в направлении созвездий Кит и Рыбы.



Скопление  
Змееносца

Сверхскопление  
Большой Медведицы

Сверхскопление  
Геркулеса

Облако Тельца

М31

Сверхскопление  
Рыб — Кита

Центр  
Млечного  
Пути

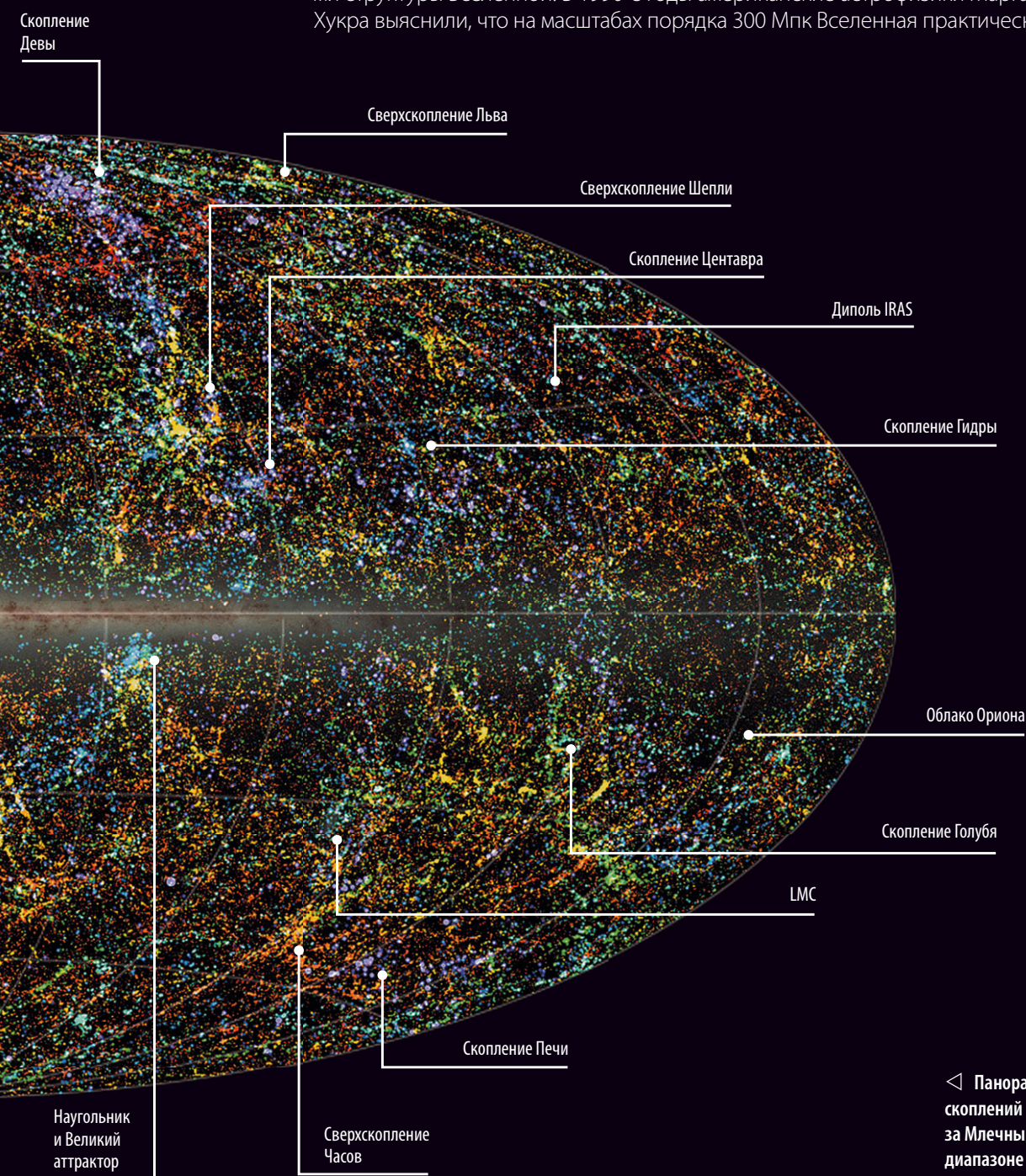
Сверхскопление  
Персея — Рыб

## НИТИ, СТЕНЫ И ВОЙДЫ

Нити и войды могут образовывать протяженные локальные структуры, которые получили название «стены». Первым таким наблюдаемым сверхмасштабным объектом стала Великая Стена CfA2, находящаяся в 200 млн св. лет и имеющая размер около 500 млн св. лет и толщину всего 15 млн св. лет. Последней является открытая в ноябре 2013 года Великая Стена Геркулес — Северная Корона размером 10 млрд св. лет.

Размеры войдов составляют порядка 10–30 Мпк. Большие войды могут достигать 150 Мпк. Считается, что они занимают около 50 % объема Вселенной. В войдах возможно наличие темной энергии и протогалактических газовых облаков.

Стены и войды в настоящий момент представляются ученым наиболее крупными элементами структуры Вселенной. В 1990-е годы американские астрофизики Маргарет Геллер и Джон Хукра выяснили, что на масштабах порядка 300 Мпк Вселенная практически однородна.



◀ Панорамный вид распределения скоплений и сверхскоплений за Млечным Путем в инфракрасном диапазоне

# ВСЕЛЕННАЯ. У ГОРИЗОНТА ПОЗНАНИЯ

**НАСКОЛЬКО ДАЛЕКО МОЖЕТ ЗАГЛЯНУТЬ ЧЕЛОВЕК? КАК МЫ УЖЕ ЗНАЕМ, ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМИИ НЕ СОСТАВИТ ТРУДА ПОСМОТРЕТЬ НЕООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ НА МИЛЛИОНЫ СВЕТОВЫХ ЛЕТ — ОБОЗРЕВ ГАЛАКТИКИ АНДРОМЕДЫ, ТРЕУГОЛЬНИКА, А ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ОСОБО ЗОРКИХ И ГАЛАКТИКУ M81, ДО КОТОРОЙ ОКОЛО 12 МЛН СВ. ЛЕТ!**

## ВЗГЛЯД СКВОЗЬ МИЛЛИАРДЫ ЛЕТ

У землян 19 марта 2008 года была возможность увидеть еще более далекий объект. В созвездии Волопас в тот день наблюдалась короткая (около 50 с) и, казалось бы, слабая (звездная величина 5,9<sup>m</sup>) вспышка света. Это было оптическое послесвечение гамма-всплеска. Источник этой вспышки находится на расстоянии 7,5 млрд св. лет от нас! Теперь именно этот объект является самым далеким из всех видимых невооруженным глазом. Он также получил статус самой высокой светимости — мощность излучения этого космического взрыва более чем в 2,5 млн раз превысила светимость самой яркой из известных сверхновых.



◀ Гамма-всплеск GRB 080319B 19 марта 2008 года. Изображения, полученные телескопами космической обсерватории «Свифт» в рентгеновском (слева) и ультрафиолетовом (справа) диапазонах

## ЭКСТРЕМАЛЬНО ГЛУБОКИЙ СНИМОК «ХАББЛА»

А как далеко могут заглянуть телескопы? Вглядитесь в это изображение, сделанное космическим телескопом «Хаббл» в 2012 году. Оно было получено путем обработки и сведения воедино 2000 изображений за 10 лет работы. На снимке запечатлен настолько маленький участок неба, что в кадр не попала ни одна из звезд нашей Галактики. Каждая, даже самая мелкая светлая точка на нем является гигантской звездной системой, подобной Млечному Пути. На представленном крохотном участке неба уместилось 5500 галактик. Свет от самой далекой из них идет к нам 13,4 млрд лет, а это значит, что она образовалась через 380 млн лет после Большого взрыва. Таким образом, изучению доступны объекты на самом краю наблюдаемой Вселенной.

▽ Сборное изображение снимков  
космического телескопа «Хаббл»,  
сделанных за 10 лет

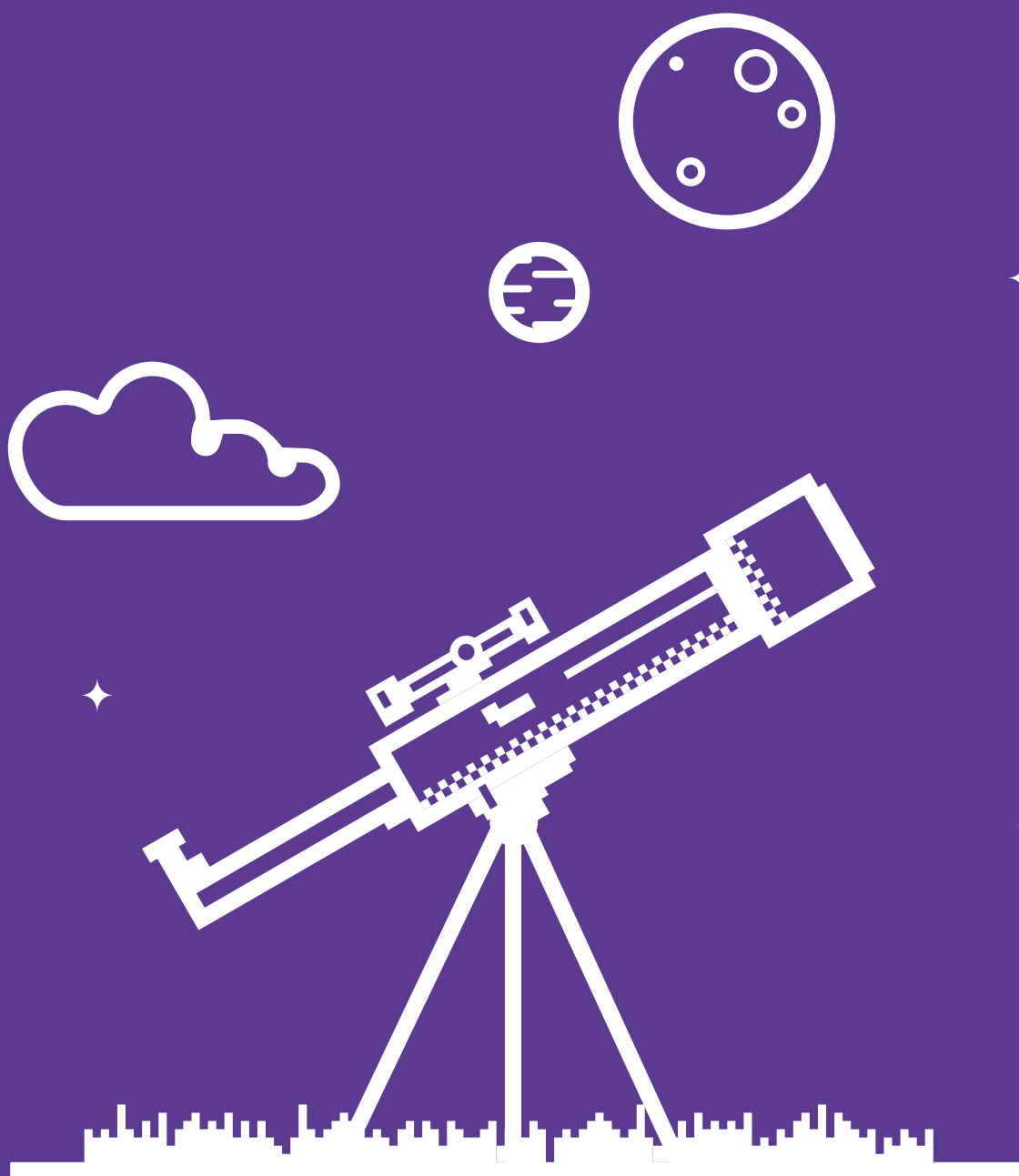


“

ЕСЛИ БЫ ЗВЕЗДЫ БЫЛИ ВИДНЫ ТОЛЬКО ЛИШЬ  
ИЗ ОДНОГО МЕСТА ЗЕМЛИ, ТУДА БЫ СТЕКАЛОСЬ  
БОЛЬШЕ ПАЛОМНИКОВ, ЧЕМ КУДА-ЛИБО.

”

СЕНЕКА





НАБЛЮДЕНИЕ  
ЗВЕЗДНОГО  
НЕБА.  
КАРТЫ

# ОКОЛОПОЛЮСНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

**СОЗВЕЗДИЯ, КОТОРЫЕ ЛЕЖАТ В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА МИРА, НИКОГДА НЕ ЗАХОДЯТ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И ВИДНЫ КАЖДУЮ ЯСНУЮ НОЧЬ, МЕНЯЯ ТОЛЬКО СВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТА.**

## БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА

Самое заметное среди созвездий, конечно, Большая Медведица. Ее семизвездный ковш знаком многим с детства. Он состоит из звезд величины  $2^m$  (лишь одна немного слабее —  $3^m$ ).

Две правые крайние звезды ковша указывают на Полярную звезду. Она тоже величины  $2^m$  и входит в ковшик Малой Медведицы, большинство звезд которого слабее. Полярная звезда находится очень близко к Северному небесному полюсу, поэтому всегда видна на одном месте, а другие звезды кажутся вращающимися вокруг нее.

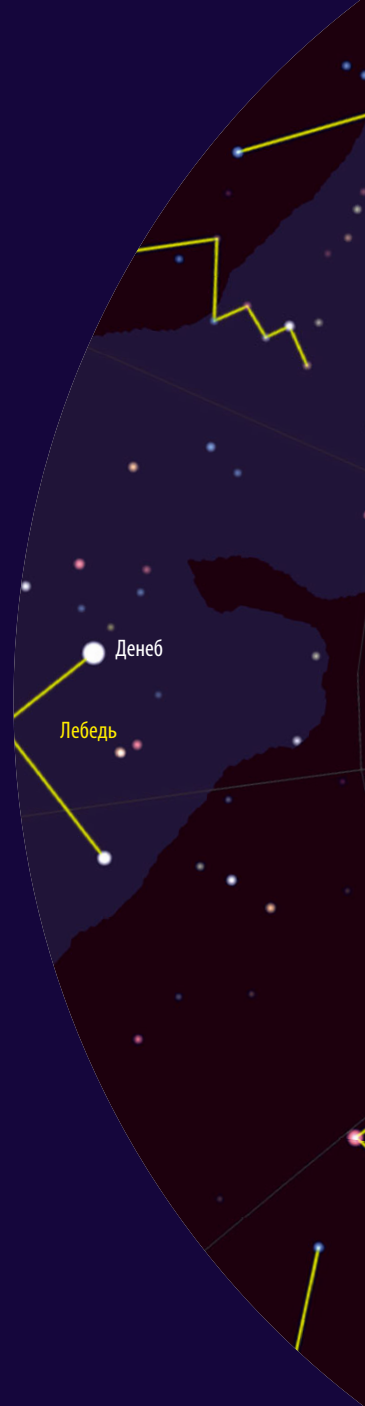
## КАССИОПЕЯ И ЦЕФЕЙ

По другую сторону от Полярной звезды лежат созвездия Кассиопея и Цефей. Рисунок первого — хорошо заметная группа из пяти звезд величины  $2^m$ – $3^m$  в форме буквы М или W. Созвездие Цефей похоже на неправильный пятиугольник из звезд величины  $3^m$ – $4^m$ .

## ДРАКОН И ЖИРАФ

Между Большой и Малой Медведицами начинается извилистая цепочка звезд созвездия Дракон, которая с трех сторон огибает Малую Медведицу. С четвертой стороны к Малой Медведице примыкает созвездие Жираф, которое не так-то просто рассмотреть — все его звезды очень слабы, самая яркая — только величины  $4^m$ .

▷ Околополюсные созвездия  
Северного полушария







# ВЕСНА И ЛЕТО В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

## ◎ ВЕСЕННЕЕ НЕБО

На весеннем небе выделяются три яркие звезды в южной его части — Регул, Спика и Арктур — в созвездиях Лев, Дева и Волопас. Их фигуры легко найти, остальные же весенние созвездия (Рак, Волосы Вероники, Секстант, Ворон, Чаша) придется искать, тщательно сверяясь с картой и дождавшись полной темноты (в 22:00 небо еще достаточно светлое).

Вблизи зенита стоит ковш Большой Медведицы. Весна — наилучший период его видимости. Над северным горизонтом — Кассиопея и Цефей. Для них это, напротив, наихудшие условия. Но тем не менее все околополюсные созвездия найти легко. На западе заходят зимние созвездия Орион и Телец, склоняются вниз Возничий, Близнецы и Малый Пёс. На востоке поднимаются Геркулес и Змея, на северо-востоке — Лира и Лебедь. Эти созвездия будут выше всего стоять на летнем небе.

▽ Весеннее небо.  
Москва, 15 апреля,  
22:00





## ЛЕТНЕЕ НЕБО

Июльские ночи коротки и светлы. Небо становится темным только к полуночи.

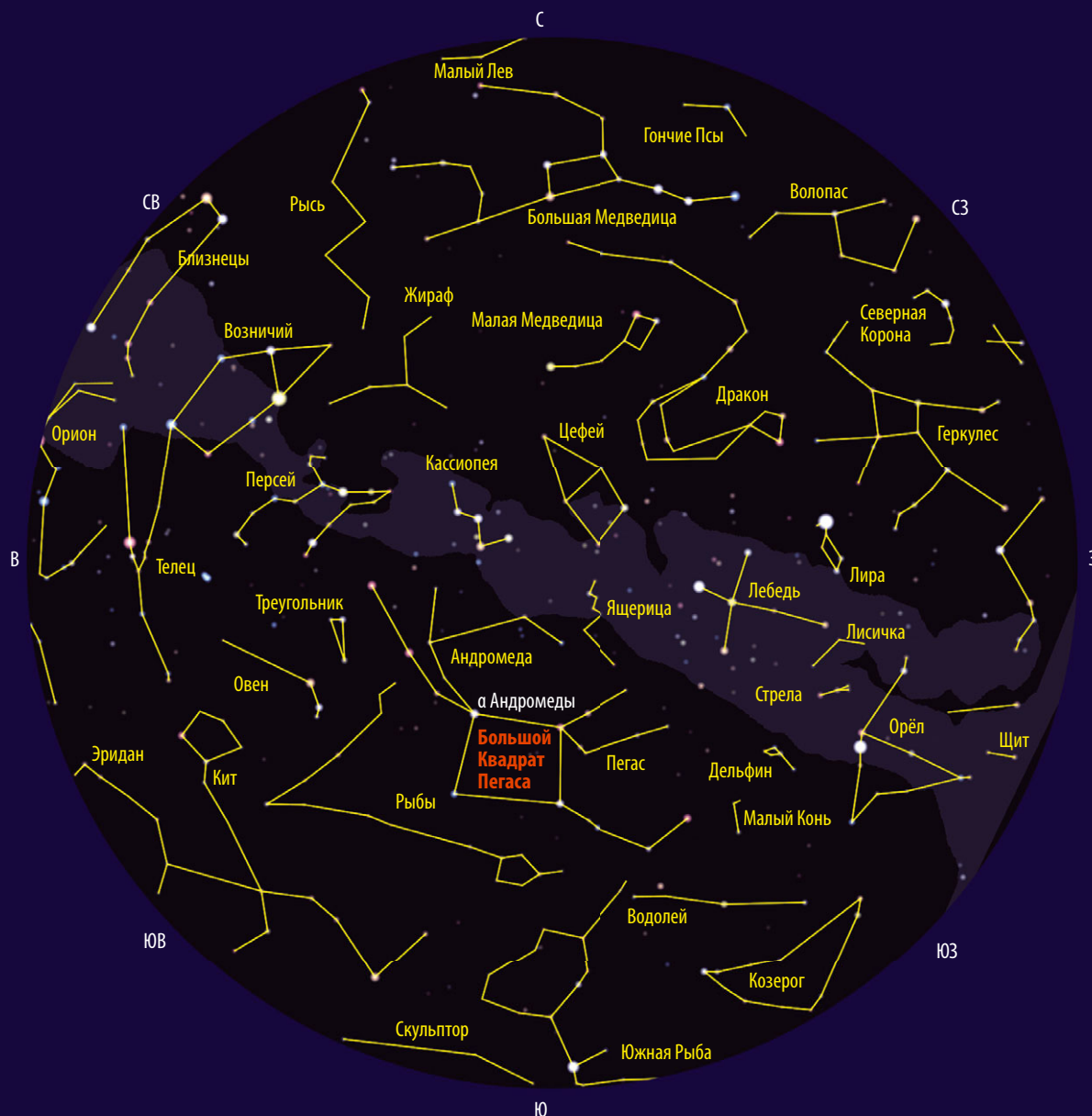
В южной его части выделяется так называемый летне-осенний треугольник Вега — Денеб — Альтаир, образованный ярчайшими звездами созвездий Лиры, Лебедя и Орёл. Вега и Денеб стоят почти в зените, Альтаир — на полпути от горизонта к зениту.

Большая Медведица сместилась к северо-западу. Над северным горизонтом располагается Капелла —  $\alpha$  Возничего. Эта яркая звезда для средних широт является незаходящей, хотя созвездие Возничий частично опускается под горизонт.

Рядом с Лирой высоко стоит созвездие Геркулес, под ним расположились Змееносец и Змея. Вблизи южного горизонта — зодиакальные созвездия Козерог, Стрелец и Скорпион. Склоняются к западу Волопас и Северная Корона, на востоке поднимаются Пегас и Андромеда, рядом с ними — Персей и Кассиопея.

△ Летнее небо.  
Москва, 15 июля,  
00:00

# ОСЕНЬ И ЗИМА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ



## ОСЕННЕЕ НЕБО

Главный ориентир на осеннем небе — созвездие Пегас, которое находится в южной части, примерно на полпути от горизонта до зенита. Три его звезды вместе с  $\alpha$  Андромеды образуют астеризм Большой Квадрат Пегаса. Слева к нему примыкает цепочка звезд Андромеды, еще левее расположился Персей. Под Андромедой — созвездия Треугольник и Овен, еще ниже — Рыбы и Кит. В зените стоит Кассиопея. Большая Медведица — на севере, вблизи нижней кульминации. В западной части неба расположились летние созвездия — Лира, Лебедь, Орёл, Геркулес. На востоке высоко стоит Возничий, взошли Близнецы и Телец, появляется Орион.

△ Осеннее небо.  
Москва,  
15 октября, 22:00

## ЗИМНЕЕ НЕБО

В южной части зимнего неба выделяется бант созвездия Орион. Он служит ориентиром для поиска других зимних созвездий. Продолжив вправо прямую линию из трех звезд, называемых Поясом Ориона, мы найдем яркий Альдебаран в Тельце, а влево и вниз — Сириус в Большом Псе, ярчайшую из всех звезд. В зените стоит Возничий с яркой Капеллой, немного ниже — Близнецы, под ними Малый Пёс. Звезды Сириус в Большом Псе, Процион в Малом Псе и Бетельгейзе в Орионе образуют почти равносторонний треугольник, называемый Зимним. В северной части неба, вблизи горизонта, — созвездие Дракон, часть Геркулеса и Волопаса, Лира и Лебедь. Все еще высоко стоят Кассиопея, Цефей и Персей. На западе опускаются к горизонту осенние созвездия — Пегас, Андромеда, Овен, Треугольник, Рыбы, Кит. На востоке — весенние созвездия Лев и Рак. Высоко в северо-восточной части неба — ковш Большой Медведицы.

▽ Зимнее небо.  
Москва,  
15 января, 22:00



# ОКОЛОПОЛЮСНЫЕ СОЗВЕЗДИЯ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

В ЮЖНОМ ОКОЛОПОЛЮСНОМ РАЙОНЕ РАЗМЕСТИЛИСЬ СОЗВЕЗДИЯ, КОТОРЫЕ В ОСНОВНОМ ПОЛУЧИЛИ СВОИ НАЗВАНИЯ В ЭПОХУ ВЕЛИКИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ: ОКТАНТ, ХАМЕЛЕОН, ЮЖНАЯ ГИДРА, ЮЖНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК, ЮЖНЫЙ КРЕСТ, МУХА, ЛЕТУЧАЯ РЫБА, ЗОЛОТАЯ РЫБА, СТОЛОВАЯ ГОРА, ТУКАН, РАЙСКАЯ ПТИЦА. В ЭТОМ ЖЕ РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНЫ ЧАСТИ СОЗВЕЗДИЙ ЦЕНТАВР, КИЛЬ И ЭРИДАН. «НАСЕЛЕНИЕ» ЮЖНОГО НЕБА БОЛЕЕ МНОГОЧИСЛЕННОЕ, ЧЕМ СЕВЕРНОГО, НО ЭТИ СОЗВЕЗДИЯ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЮЖНОГО КРЕСТА, НЕ ОБРАЗУЮТ ТАКИХ ЗАМЕТНЫХ ФИГУР, КАК ИХ СЕВЕРНЫЕ СОБРАТЬЯ.

## ЮЖНЫЙ КРЕСТ

На звездном небе Южного полушария нет яркой звезды, которая могла бы выполнять роль Полярной. Вблизи Южного небесного полюса находится слабая звездочка почти величины  $6^m$  —  $\sigma$  Октанта (второе ее имя — Полярная южная звезда). Поэтому главным ориентиром для жителей Африки, Австралии и Южной Америки является созвездие Южный Крест. Чтобы найти точку полюса, нужно продолжить к югу его длинную переключину на расстояние, равное 4,5 ее длины.

## ЯРЧАЙШИЕ ЗВЕЗДЫ

В окрестностях Южного небесного полюса наблюдаются пять ярчайших звезд. Канопус, или  $\alpha$  Киля, — вторая по яркости звезда на небе после Сириуса — имеет отрицательную звездную величину,  $\alpha$  Центавра (Ригель Кентаурус) —  $0^m$ , Ахернар ( $\alpha$  Эридана),  $\beta$  Центавра (Агена) и Акрукс ( $\alpha$  Южного Креста) —  $1^m$ .

В созвездиях Тукан и Золотая Рыба расположены галактики Большое и Малое Магеллановы Облака. Эти спутники Млечного Пути видны невооруженным глазом.



▷ Околополюсные созвездия Южного полушария



# ВЕСНА И ЛЕТО В ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ

## НАЧАЛО ВЕСНЫ В СЕНТЯБРЕ

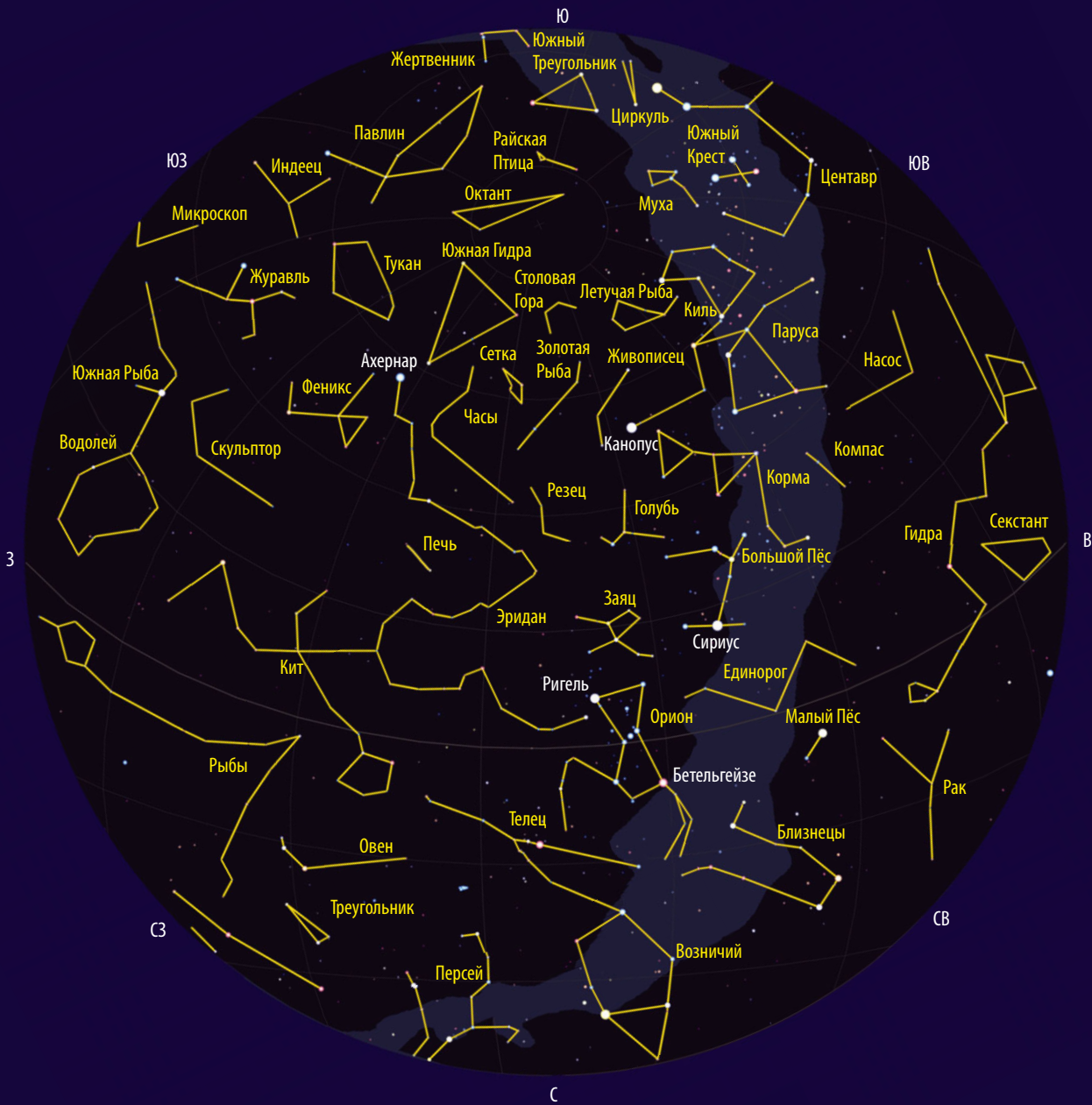
В Южном полушарии мало населенных людьми мест, лежащих южнее  $40^\circ$  южной широты: часть Аргентины и Чили, Тасмания, Новая Зеландия. Для обзора звездного неба возьмем широту Сидней в Австралии —  $33^\circ$  южной широты. Северянам многое будет непривычно. Звезды, Солнце и Луна движутся по небу против часовой стрелки. Сезоны года тоже поменялись местами. Весна начинается не в марте, а в сентябре...

С нее и начнем. Взглянем на небосвод 15 октября в 22:00. Над северным горизонтом видны знакомые созвездия Пегас, Андромеда, Овен и Треугольник, Рыбы и Водолей — только перевернутые. На северо-западе заходят Лебедь и Орёл, на востоке поднимаются Орион и Телец. Близ зенита стоит созвездие Южная Рыба с ярким Фомальгаутом, который на широте Москвы поднимается над горизонтом всего на  $5^\circ$ . Высоко над головой стоит Ахернар в созвездии Эридан. На западе — Стрелец и Скорпион.

Южный Крест и Центавр расположены низко над южным горизонтом. На юго-востоке поднимается Канопус в созвездии Киль.

▽ Весеннее небо. Сидней, 15 октября, 22:00





## В РАЗГАР ЛЕТА

Январь — разгар лета в Южном полушарии. На вечернем небе Южный Крест поднялся выше и виден теперь в его юго-восточной части. Под ним поднимается Центавр.

В северной части неба — знакомые нам Телец, Близнецы, Персей и Возничий. Высоко стоит Орион. Как и другие созвездия, он перевернут вверх ногами: вверху находится Ригель, внизу — Бетельгейзе.

Над головой почти на одинаковой высоте блещут две ярчайшие звезды земного неба: Сириус в Большом Псе и Канопус в созвездии Киль.

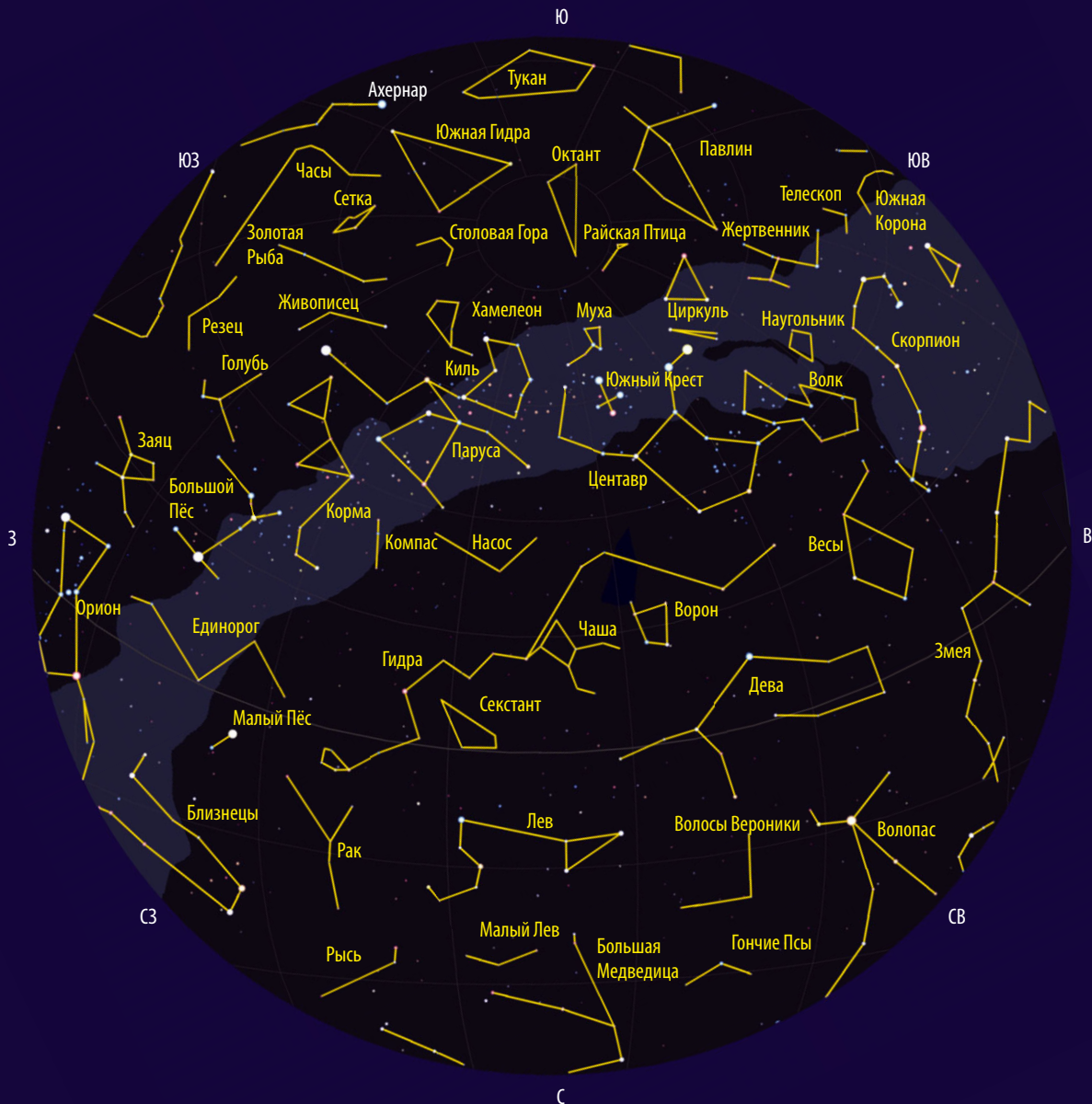
На западе заходят Рыбы, Кит, Водолей и Южная Рыба. Склоняется к юго-западу и звезда Ахернар. Низко над точкой юга — Павлин, Южный Треугольник и Жертовник.

△ Летнее небо.

Сидней, 15 января, 22:00



# ОСЕНЬ И ЗИМА В ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ



## ОСЕНЬЮ

Южный Крест и Центавр стоят высоко в небе. Низко над южным горизонтом — Ахернар и созвездие Тукан. Вблизи зенита — знакомые нам по северному весеннему небу Ворон и Чаша, а также Дева и длинная цепочка Гидры, которая на широте Москвы видна не полностью. На западе заходят Орион и Близнецы, склоняются вниз Малый и Большой Псы, Заяц и Единорог. На востоке поднимаются Скорпион, Стрелец и Змея. В северной стороне неба довольно высоко стоят Лев и Волопас, а низко над северным горизонтом еле-еле поднимается часть созвездия Большая Медведица.

△ Осеннее небо.  
Сидней,  
15 апреля, 22:00



# ПРИЛОЖЕНИЕ

## СПИСОК САМЫХ ЯРКИХ ЗВЕЗД НА НЕБЕ

№	Название	Расстояние, св. лет	Видимая величина	Абсолютная величина (блеск звезды на расстоянии 10 Пк)	Спектральный класс	Небесное полушарие и номер в полушарии
0	Солнце	0,0000158	-26,72	4,8	G2V	
1	Сириус (α Большого Пса)	8,6	-1,46	1,4	A1Vm	Южное (01)
2	Канопус (α Киля)	310	-0,72	-5,53	A9II	Южное (02)
3	Ригель Кентаурус (α Центавра)	4,3	-0,27	4,06	G2V+K1V	Южное (03)
4	Арктур (α Волопаса)	36,7	-0,05 (перем)	-0,3	K1.5IIIp	Северное (01)
5	Вега (α Лиры)	25	0,03 (перем)	0,6	A0Va	Северное (02)
6	Капелла (α Возничего)	42,2	0,08	-0,5	G6III + G2III	Северное (03)
7	Ригель (β Ориона)	~870	0,12 (перем)	-7	B8Iae	Южное (04)
8	Процион (α Малого Пса)	11,4	0,38	2,6	F5IV-V	Северное (04)
9	Ахернар (α Эридана)	69	0,46	-1,3	B3Vnp	Южное (05)
10	Бетельгейзе (α Ориона)	~530	0,50 (перем)	-5,14	M2Iab	Северное (05)
11	Агена (β Центавра)	~400	0,61 (перем)	-4,4	B1III	Южное (06)
12	Альтаир (α Орла)	16,8	0,77	2,3	A7Vn	Северное (06)
13	Акрукс (α Южного Креста)	~330	0,79	-4,6	B0.5Iv + B1Vn	Южное (07)
14	Альдебаран (α Тельца)	65	0,85 (перем)	-0,3	K5III	Северное (07)
15	Антарес (α Скорпиона)	~610	0,91 (перем)	-5,2	M1.5Iab	Южное (08)
16	Спика (α Девы)	250	1,04 (перем)	-3,2	B1V	Южное (09)
17	Поллукс (β Близнецов)	33,7	1,14	0,7	K0IIIb	Северное (08)
18	Фомальгаут (α Южной Рыбы)	25	1,16	2,0	A3Va	Южное (10)
19	Мимоза (β Южного Креста)	~290	1,25 (перем)	-4,7	B0.5III	Южное (11)
20	Денеб (α Лебедя)	~1550	1,25	-7,2	A2Ia	Северное (09)
21	Регул (α Льва)	69	1,35	-0,3	B7Vn	Северное (10)
22	Адара (ε Большого Пса)	~400	1,50	-4,8	B2II	Южное (12)
23	Кастор (α Близнецов)	51,5	1,57	0,5	A1V + A2V	Северное (11)
24	Гакрукс (γ Южного Креста)	120	1,63 (перем)	-1,2	M3.5III	Южное (13)
25	Шаула (λ Скорпиона)	330	1,63 (перем)	-3,5	B1.5IV	Южное (14)

### ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ, ИСПОЛЗУЕМЫЙ В ОБОЗНАЧЕНИЯХ ЗВЕЗД В СОЗВЕЗДИЯХ

<b>Αα</b> Альфа	<b>Ηη</b> Эта
<b>Νν</b> Ню	<b>Ττ</b> Тай
<b>Ββ</b> Бета	<b>Θθ</b> Тета
<b>Ξξ</b> Кси	<b>Υυ</b> Ипсилон
<b>Γγ</b> Гамма	<b>Ιι</b> Йота
<b>Οο</b> Омикрон	<b>Φφ</b> Фи
<b>Δδ</b> Дельта	<b>Κκ</b> Каппа
<b>Ππ</b> Пи	<b>Χχ</b> Хи
<b>Εε</b> Эпсилон	<b>Λλ</b> Лямбда
<b>Ρρ</b> Ро	<b>Ψψ</b> Пси
<b>Ζζ</b> Дзета	<b>Μμ</b> Мю
<b>Σσ</b> Сигма	<b>Ωω</b> Омега

## ГАЛАКТИКИ, ВИДИМЫЕ НЕООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ НАБЛЮДАТЕЛЯ С ОСТРЫМ ЗРЕНИЕМ ПРИ ОЧЕНЬ ТЕМНОМ НЕБЕ ВО ВРЕМЯ ЯСНОЙ ПОГОДЫ

Галактика	Видимая зв	Расстояние	Примечания
Млечный Путь	-26,74 (Солнце)	0	Наша галактика. Большинство объектов, видимых невооруженным глазом на небе
Большое Магелланово Облако	0,9	160 000 св. лет (50 кпк)	Видна только в Южном полушарии. Самая яркая туманность на небе
Малое Магелланово Облако (NGC 292)	2,7	200 000 св. лет (60 кпк)	Видна только в Южном полушарии
Галактика Андромеды (M31, NGC 224)	3,4	2,5 млн св. лет (780 кпк)	Второе название — туманность Андромеды. Находится в созвездии Андромеда
Галактика Треугольника (M33, NGC 598)	5,7	2,9 млн св. лет (900 кпк)	Наблюдение невооруженным глазом очень затруднено
Галактика Боде (M81, NGC 3031)	6,9	12 млн св. лет (3,6 Мпк)	Это наиболее удаленный объект, видимый невооруженным глазом

# СЛОВАРЬ

**Астероиды** — тела размером приблизительно от 1 до 1000 км, вращающиеся вокруг Солнца. От карликовых планет отличаются неправильной формой.

**Астрономическая единица** (а. е.) — среднее расстояние между центрами Земли и Солнца. 1 а. е. = 149 597 870 ± 2 км.

**Белый карлик** — маленькая звезда размером с Землю, но с очень большой массой (как Солнце) и потому очень плотная (в миллион раз плотнее воды).

**Большой взрыв** — первый эпизод в эволюции нашей Вселенной, произошедший около 14 млрд лет назад и положивший начало ее расширению.

**Галактика** — гигантская система из звезд и газопылевых облаков. По форме галактики бывают спиральными, эллиптическими и неправильными.

**Гамма-всплеск** — масштабный космический выброс энергии взрывного характера, в настоящее время наблюдаемый в отдаленных галактиках в самой жесткой части электромагнитного спектра. Гамма-всплески — это наиболее яркие электромагнитные события, происходящие во Вселенной. Продолжительность их обычно составляет несколько секунд, но они могут длиться и от миллисекунд до часа. За первоначальным всплеском обычно следует долгоживущее «послесвечение», излучаемое на более длинных волнах (рентген, УФ, оптика, ИК и радио). Большинство наблюдаемых гамма-всплесков предположительно представляет собой сравнительно узкий луч мощного излучения, испускаемого во время вспышки сверхновой, когда быстро вращающаяся массивная звезда коллапсирует, превращаясь либо в нейтронную звезду, либо в черную дыру. Подкласс гамма-всплесков — короткие всплески — по-видимому, побочный эффект другого процесса, возможно слияния двойных нейтронных звезд.

**Гигант** — звезда значительно большей светимости и размера, чем большинство звезд того же спектрального класса. Самые яркие гиганты называются сверхгигантами.

**Главная последовательность** — основная группировка звезд в виде диагональной линии на диаграмме Герцшпрунга — Рассела. Эта полоса проходит от ярких и горячих к тусклым и относительно холодным звездам. В ней концентрируется большинство звезд.

**Главный пояс астероидов** — область Солнечной системы шириной около 0,5 а. е. между орбитами Марса и Юпитера, где движется большинство астероидов. Первый объект (Церера) обнаружен там в 1801 году, а к 2010 году найдено уже около 0,5 млн объектов.

**Горизонт** — воображаемая плоскость, проходящая через глаз наблюдателя, а также линия кажущегося соединения неба и земли.

**Горизонтальная система небесных координат** — сферическая система координат, в которой основные точки — зенит и надир, основная плоскость — плоскость горизонта, а основные координаты — высота и азимут.

**Гравитационная линза** — любое массивное тело (планета, звезда, галактика, скопление галактик), искривляющее своим гравитационным полем свет других объектов.

**Звезда** — небесное тело, светимость которого поддерживается протекающими в его недрах термоядерными реакциями. По светимости разделяются на карликов, звезды главной последовательности (основная масса звезд), гигантов и сверхгигантов.

**Звездная величина** — единица измерения блеска небесного тела. К физическим размерам звезды отношения не имеет. Невооруженным глазом видны звезды до 6-й величины (обозначаются 6<sup>m</sup>), в телескоп — звезды 7<sup>m</sup>, 8<sup>m</sup> и т. д. Для особо ярких объектов введена отрицательная звездная величина. Так, блеск Солнца составляет −26<sup>m</sup>.

**Звездное скопление** — тесная группа звезд, имеющих общее происхождение. Основные типы: рассеянное (неправильной формы) и шаровое.

**Звездный ветер** — постоянное истечение газа из атмосферы звезды.

**Зенит** — в горизонтальной системе координат точка, лежащая над головой наблюдателя.

**Карлик** — звезда главной последовательности небольших размеров (1–0,01 радиуса Солнца) и невысокой светимости (от 1 до 0,0001 светимости Солнца).

**Карликовая планета** — твердое небесное тело сферической формы, массы которого недостаточно, чтобы очистить окрестности своей орбиты от других объектов. В Солнечной системе — Плутон, Церера и др.

**Каталог Мессье** (обозначения M31, M45 и т. д.) — список из 110 астрономических объектов, составленный французским астрономом Шарлем Мессье и впервые изданный в 1774 году. Мессье включил в него объекты, которые можно было спутать с кометами. Большинство объектов каталога — достаточно яркие туманности, галактики и скопления, интересные для любительских наблюдений.

**Квazarы** — объекты чрезвычайно высокой светимости, находящиеся в отдаленных галактиках, на расстоянии миллиардов световых лет. Являются самыми далекими объектами Вселенной, доступными для наблюдений.

**Комета** — малое тело Солнечной системы, состоящее из льда и пыли, у которого обычно образуется длинный газовый хвост, когда оно приближается к Солнцу.

**Коричневый карлик** — промежуточный тип тел между звездой и планетой. Недостаточно массивен для долговременного поддержания термоядерных реакций.

**Магнитосфера** — область пространства, окружающая планету или звезду, в которой ее магнитное поле доминирует над магнитными полями других тел.

**Метеорит** — твердое тело космического происхождения, упавшее на поверхность Земли из космоса.

**Млечный Путь** — туманная полоса, опоясывающая небо, образованная светом звезд нашей Галактики, а также название нашей Галактики.

**Надир** — в горизонтальной системе координат точка, лежащая под ногами наблюдателя.

**Нейтронная звезда** — космическое тело звездной массы, в основном состоящее из нейтронов. Отличается чрезвычайно высокой плотностью, близкой к плотности атомного ядра (в 1014 раз выше плотности воды). При огромной массе имеет радиус порядка 20 км. Согласно существующим теориям, возникает при взрывах сверхновых.

**Новая** — звезда, которая внезапно, за несколько часов увеличивает свой блеск в тысячи и миллионы раз, а потом в течение нескольких недель возвращается к прежнему блеску. Название «новая» — пережиток дотелескопической эпохи. Такая звезда не рождается в момент вспышки, а, наоборот, представляет собой звезду на поздних стадиях эволюции.

**Новый общий каталог туманностей и звездных скоплений** (англ. New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars, или NGC) — наиболее популярный в любительской астрономии каталог объектов далекого космоса. Составлен в 1880-х годах Джоном Людвигом Эмилем Дрейером. Содержит 7840 объектов — туманностей, галактик и звездных скоплений.

**Парсек** — распространенная в астрономии внесистемная единица измерения расстояний. Название образовано из сокращений слов «параллакс» и «секунда». Парсек равен расстоянию до объекта, годичный тригонометрический параллакс которого равен одной угловой секунде. Согласно эквивалентному определению, парсек — это расстояние, с которого отрезок длиной в одну астрономическую единицу (практически равный среднему радиусу земной орбиты), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду.  $1 \text{ пк} \approx 206\,264,8 \text{ а. е.} = 3,0856776 \cdot 10^{16} \text{ м} = 30,8568 \text{ трлн км (петаметров)} = 3,2616 \text{ св. года}$ .

**Переменная звезда** — звезда, изменяющая свой видимый блеск в силу оптических причин (когда одна звезда затмевает другую) или благодаря физическим процессам на самой звезде (пульсации, вспышки).

**Планета** — небесное тело, довольно массивное для того, чтобы приобрести под действием собственной гравитации сферическую форму, но недостаточно массивное для того, чтобы в его недрах протекали термоядерные реакции.

**Планета-гигант** — крупная планета, состоящая в основном из водорода и гелия. В Солнечной системе это Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

**Планета земной группы** — планета, состоящая из твердых пород. В Солнечной системе это Меркурий, Венера, Земля, Марс.

**Планетная система** — совокупность планет, астероидов, карликовых планет, комет и других тел, вращающихся вокруг звезды, или нейтронной звезды, или коричневого карлика. Планетная система Солнца — Солнечная система.

**Полюс мира (небесный полюс)** — в экваториальной системе небесных координат воображаемая точка, вокруг которой происходит вращение небесной сферы. Есть Северный и Южный полюса мира.

**Пояс Койпера** — область Солнечной системы за орбитой Нептуна на расстоянии от 30 а. е. до приблизительно 55 а. е. от Солнца, населенная

несколькими планетами-карликами (Плутон, Хаумея и др.), а также множеством объектов относительно небольшого размера типа астероидов и ядер комет. В совокупности Пояс Койпера в сотни раз массивнее Главного пояса астероидов, но уступает по массе гигантскому кометному Облаку Оорта, простирающемуся на тысячи астрономических единиц от Солнца.

**Прямое восхождение** — одна из координат в экваториальной системе: угол, отсчитываемый к востоку от точки весеннего равноденствия до меридиана, проходящего через светило.

**Сверхновая** — звезда, увеличивающая свой блеск в течение нескольких суток в миллионы и миллиарды раз, а потом угасающая в течение нескольких месяцев или лет. Причина — мощный взрыв, почти полностью разрушающий звезду.

**Световой год** — единица измерения межзвездных расстояний, путь, проходимый светом за год. Равен  $9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$ .

**Склонение** — одна из координат в экваториальной системе, угловое расстояние светила от небесного экватора.

**Созвездие** — участок небесной сферы, имеющий установленные границы и историческое название.

**Спутник** — небесное тело, обращающееся вокруг другого небесного тела.

**Сублимация (возгонка)** — переход вещества из твердого состояния сразу в газообразное, минуя жидкое.

**Темная материя** — вещество неизвестной природы, не наблюдаемое обычными методами, но проявляющее себя гравитационными взаимодействиями (в частности, эффектом гравитационной линзы).

**Темная энергия** — гипотетическая форма энергии с необычными свойствами, которые приводят к появлению всеобщего гравитационного отталкивания — антигравитации.

**Точки равноденствий** — точки пересечения эклиптики и небесного экватора.

**Туманности** — облака газа и пыли в межзвездном пространстве. Видны благодаря собственному излучению, отражению или поглощению света звезд. Раньше внегалактическими туманностями называли далекие галактики, например туманность Андромеды. Сейчас этот термин устарел.

**Черная дыра** — область в пространстве-времени, возникшая в ходе сильного сжатия материи, в которой гравитационное притяжение так велико, что ни вещество, ни свет, ни другие носители информации не могут ее покинуть.

**Экватор небесный** — большой круг небесной сферы, все точки которого равноудалены от полюсов мира. Делит небо на Северное и Южное полушарие.

**Экваториальная система небесных координат** — сферическая система координат, где основная плоскость — небесный экватор, основные точки — полюса мира, а координаты — склонение и прямое восхождение.

**Экзопланета** — планета за пределами Солнечной системы.



# АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ



- А**  
Аккреция 189  
Активность солнечная 20  
Антенны, галактики 235  
Астрономическая единица 6  
Атмосфера  
    Венеры 89  
    Земли 47  
    Марса 66  
    Меркурия 33  
    Нептуна 131  
    Плутона 141  
    Титана 114  
    Юпитера 92, 94
- Б**  
Болид 62  
Большое Красное Пятно 95  
Большое Темное Пятно 131  
Большой взрыв 160
- В**  
Венера 38  
Веста 85  
Ветер солнечный 23  
Войды 241  
Вселенная  
    размеры 164  
    расширение 161  
    состав 163  
    структура 162  
Вулканоид 89
- Г**  
Галактика  
    Андромеды 226–227, 231  
    Треугольника 228–229, 231  
Ганимед 100  
Гексагон 111  
Гиганты 177
- Д**  
Девятая планета 157  
Деймос 70–71  
Диаграмма Герцшпрунга — Рассела 173  
Долина Маринер 69
- Е**  
Европа 98
- З**  
Затмение 55  
Звезды  
    двойные 180  
    нейтронные 196  
    переменные 182–183, 186  
    срок жизни 176  
Зона  
    конвекции 19  
    лучистого переноса 18
- И**  
Ио 97
- К**  
Каллисто 102  
Каналы марсианские 72  
Карлики  
    белые 194–195  
    желтые 178, 179  
    красные 178, 179  
Кентавры 156  
Классификация  
    галактик 232  
    звезд 172
- Кольца**  
    Нептуна 135  
    Сатурна 112–113  
    Урана 127  
Кометы 15, 144, 146–149  
Координаты 9  
Кратеры лунные 57
- М**  
Магеллановы Облака 224–225  
Магнетары 197  
Магнитосфера Юпитера 93  
Малые тела Солнечной системы 82  
Марс 66  
Марсоход 73  
Меркурий 28  
Местная группа галактик 164, 230  
Местное сверхскопление галактик 165  
Метеор 62  
Метеорит 62, 64–65  
Мириды 187  
Млечный Путь 164, 222–223, 231
- Н**  
Небесная сфера 8  
Нептун 130  
Нити 241  
Новые 188, 192
- О**  
Облако Оорта 154
- П**  
Парсек 7  
Планеты  
    -гиганты 15  
    земной группы 14  
    карликовые 14  
Плеяды 202  
Плутон 139





## Поверхность

- Венеры 40
- Ганимеда 100
- Каллисто 102
- Луны 57
- Марса 68
- Меркурия 30
- Титана 115
- Энцелада 116
- Погода космическая 22
- Полярное сияние
  - на Земле 23
  - на Юпитере 95
- Поток метеорный 62
- Пояс
  - астероидов 14
  - Койпера 142
  - радиационный 93
- Протуберанец 20
- Пульсар 196
- Пятна солнечные 21

## Р

- Радиопослание
- Аресибо 207

## С

- Сатурн 110
- Сверхгиганты 177
- Сверхновые 190–193
- Световой год 7
- Седна 155
- Скопление Девы 238
- Скопления
  - галактик 236
  - рассеянные 200–201
  - шаровые 204–206

## Созвездия

- Большая Медведица 246
- Дракон 246
- Жираф 246
- Кассиопея 246
- Цефей 246
- Южный Крест 252

## Солнце 16

Спектральный класс 172

## Спутники

- галилеевы 96
- Нептуна 134
- Плутона 141
- Сатурна 114–119
- Урана 128–129
- Юпитера 104

## Строение

- Венеры 40
- Земли 46–47
- Луны 56
- Меркурия 32
- Нептуна 132
- Сатурна 111
- Солнца 18
- Урана 126
- Юпитера 92
- Суперземли 170

## Т

- Температура 7
- Титан 114
- Титания 129
- Тритон 134
- Туманности 209–213, 216

## У

- Уран 124–125

## Ф

### Фазы

- Венеры 39
- Луны 54
- Фобос 70–71, 89
- Фотосфера 19

## Х

- Харон 140
- Хвост кометы 144
- Хромосфера 19

## Ц

- Цепочка
- Маркаряна 239
- Церера 84
- Цефеиды 184, 185

## Ч

- Черные дыры 198

## Э

- Эволюция
  - звезд 174
  - Солнца 17
- Экзопланета 166
- Энцелад 116

## Ю

- Юпитер 90

## Я

- Ядро
  - Ганимеда 100
  - Меркурия 33
  - Солнца 18
  - Юпитера 92

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агекеян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика / Т. А. Агекеян. — М.: Наука, 1981.
- Азимов А. Взрывающиеся солнца. Тайны сверхновых / А. Азимов. — М.: Наука, 1991.
- Азимов А. Вселенная. От плоской Земли к квазару / А. Азимов. — М.: Центрполиграф, 2004.
- Азимов А. Земля и космос. От реальности к гипотезе / А. Азимов. — М.: Центрполиграф, 2004.
- Азимов А. Царство Солнца. От Птолемея до Эйнштейна / А. Азимов. — М.: Центрполиграф, 2004.
- Аксенова М. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия / М. Аксенова (гл. ред.). — М.: Аванта+, 1997.
- Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной / Б. А. Воронцов-Вельяминов. — М.: Наука, 1980.
- Гурштейн А. А. Извечные тайны неба / А. А. Гурштейн. — М.: Просвещение, 1984.
- Ефремов Ю. Н. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание / Ю. Н. Ефремов. — М.: УРСС, 2004.
- Ефремов Ю. Н. Звездные острова. Галактики звезд и Вселенная галактик / Ю. Н. Ефремов. — М.: Век 2, 2006.
- Ефремов Ю. Н. Млечный путь / Ю. Н. Ефремов. — М.: Век 2, 2006.
- Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба. — 5-е изд. — М.: Наука, 1986.
- Капица С. П. Космос: Вселенная. Галактики. Звезды. Планеты / С. П. Капица (гл. ред.). — М.: В мире науки, 2006.
- Климишин И. А. Астрономия наших дней / И. А. Климишин. — М.: Наука, 1986.
- Комаров В. Н. Увлекательная астрономия / В. Н. Комаров. — М.: АСТ, 2002.
- Комаров В. Н. Чего мы не знаем о Вселенной / В. Н. Комаров. — М.: МАИК Наука, 2001.
- Коротцев О. Н. Астрономия для всех / О. Н. Коротцев. — 2-е изд. — М.: Азбука-классика, 2008.
- Ксанфомалити Л. В. Парад планет / Л. В. Ксанфомалити. — М.: Физматлит, 1997.
- Мур П. Большой взрыв: полная история Вселенной / П. Мур, Б. Мэй, К. Линтотт. — М.: Ниола-пресс, 2007.
- Позднякова И. 100 чудес Вселенной / И. Позднякова. — М.: Эксмо, 2014.
- Позднякова И. Путеводитель по звездному небу России / И. Позднякова, И. Катникова. — М.: Эксмо, 2016.
- Попов С. Звезды: жизнь после смерти / С. Попов, М. Прохоров. — М.: Век 2, 2007.
- Саган К. Космос / К. Саган. — М.: Амфора, 2006.
- Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI / В. Г. Сурдин (ред.). — 3-е изд. — Фрязино: Век-2, 2015.
- Сурдин В. Г. Вселенная от А до Я / В. Г. Сурдин. — М.: Эксмо, 2012.
- Сурдин В. Г. Галактики (Астрономия и астрофизика) / В. Г. Сурдин (ред.). — М.: Физматлит, 2013.
- Сурдин В. Г. Звезды (Астрономия и Астрофизика) / В. Г. Сурдин (ред.). — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Физматлит, 2013.
- Сурдин В. Г. Марс: великое противостояние / В. Г. Сурдин (ред.). — М.: Физматлит, 2004.
- Сурдин В. Г. Путешествия к Луне / В. Г. Сурдин (ред.). — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Физматлит, 2015.
- Сурдин В. Г. Небо и телескоп (Астрономия и Астрофизика) / В. Г. Сурдин (ред.). — 2-е изд., перераб. — М.: Физматлит, 2014.
- Сурдин В. Г. Солнечная система (Астрономия и Астрофизика) / В. Г. Сурдин. — М.: Физматлит, 2012.
- Сурдин В. Г. Разведка далеких планет / В. Г. Сурдин. — М.: Физматлит, 2014.
- Хокинг С. От Большого взрыва до черных дыр / С. Хокинг. — М.: Мир, 1998.
- Хокинг С. Кратчайшая история времени / С. Хокинг, Л. Млодинов. — М.: Амфора, 2006.
- Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные / С. Хокинг. — М.: Амфора, 2006.
- Черепашук А. М. Вселенная, жизнь, черные дыры / А. М. Черепашук, А. Д. Чернин. — М.: Век, 2003.
- Черепашук А. М. Черные дыры во Вселенной / А. М. Черепашук. — М.: Век 2, 2005.
- Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум / И. С. Шкловский. — М.: Наука, 1988.



Вселенная бесконечна и многообразна. В ней есть много удивительных объектов, которые с древних времен привлекают внимание людей.

Наш атлас поможет вам не заблудиться в обилии информации. В нем шаг за шагом показана вся наблюдаемая Вселенная — от окрестностей Солнца до далеких сверхскоплений галактик. Вы узнаете об основных типах объектов Вселенной, их физической природе. В конце книги размещены карты звездного неба, с помощью которых вы сможете сделать первые шаги в самостоятельном изучении созвездий.



## Вы узнаете:

Все о планетах и других телах Солнечной системы  
Историю изучения планет космическими аппаратами  
Каково внутреннее строение звезд  
Что собой представляют черные дыры и квазары  
Чем одни галактики отличаются от других  
Как устроена Вселенная  
Что можно наблюдать на небе в телескоп  
... и получите массу другой интересной информации



« Наши представления о космосе меняются под влиянием новых астрономических открытий: «Большой атлас Вселенной» содержит в себе все самые новейшие данные, полученные астрономами и межпланетными аппаратами. Его можно использовать и как справочное пособие, и как основу для дальнейшего изучения окружающего мира. Воспользуйтесь им — вы узнаете много нового, неожиданного, интересного »

**Антон Первушин**

писатель, научный журналист, исследователь истории космонавтики

ISBN 978-5-699-91901-7



9 785699 919017 >

