

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

---

# Большой атлас ВСЕЛЕННОЙ



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. Капёв*  
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, Alhovik, Andrea Danti, argus, BlueRingMedia, Cherkas, Christos Georghiou, D1min, Denis Belitsky, Giovanni Benintende, GlOck, 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)



© 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

“

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

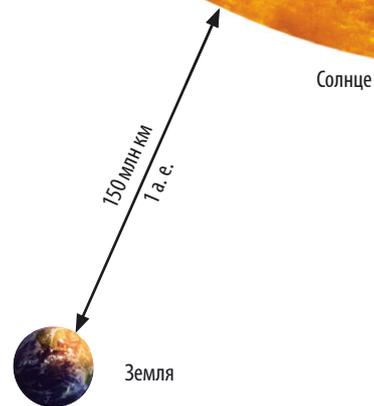
**АСТРОНОМИЯ ИЗУЧАЕТ ОБЪЕКТЫ, СВОЙСТВА КОТОРЫХ СЛОЖНО ОЦЕНИТЬ ПРИВЫЧНЫМИ ЕДИНИЦАМИ ИЗМЕРЕНИЯ. ПОТОМУ ДЛЯ ЭТОЙ НАУКИ БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ УНИКАЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ.**

## 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.

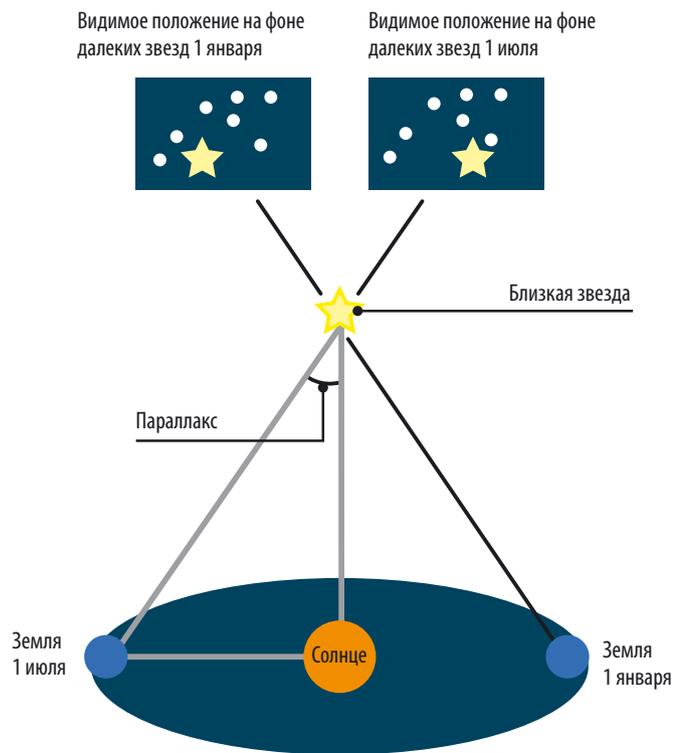
Наша звездная система — галактика Млечный Путь со всеми звездами, планетными системами, скоплениями и туманностями — простирается на 100 000 св. лет. До ближайшей крупной галактики — туманности Андромеды — более 2 млн св. лет, до других галактик — миллионы, миллиарды...

### 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 ( $1''$ ).

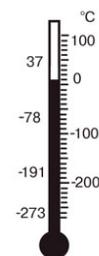


△ Определить расстояние до относительно близких к нам звезд помогает метод параллакса. Измерив угол, на который сместилась звезда, мы вычисляем расстояние до нее. На практике даже у ближайших звезд этот угол меньше  $1''$  дуги

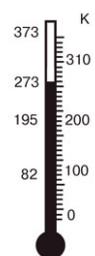
## ТЕМПЕРАТУРА

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.

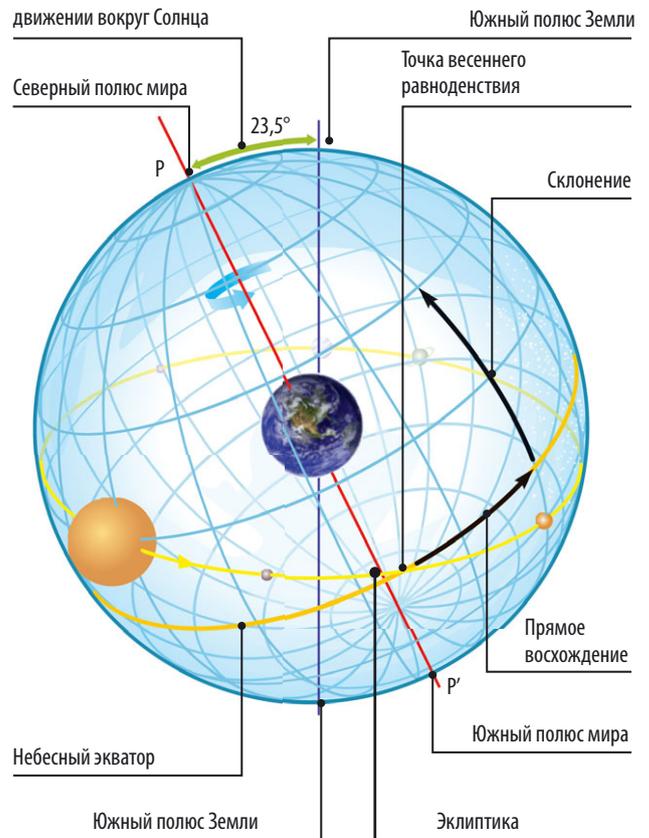
В картах и описаниях упоминаются названия и обозначения звезд. Многие из них, видимые невооруженным глазом, имеют собственные имена — Альдебаран, Сириус, Вега, Антарес и другие. Но в астрономии чаще применяется обозначение звезд в созвездии в порядке убывания яркости буквами греческого алфавита:  $\alpha,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

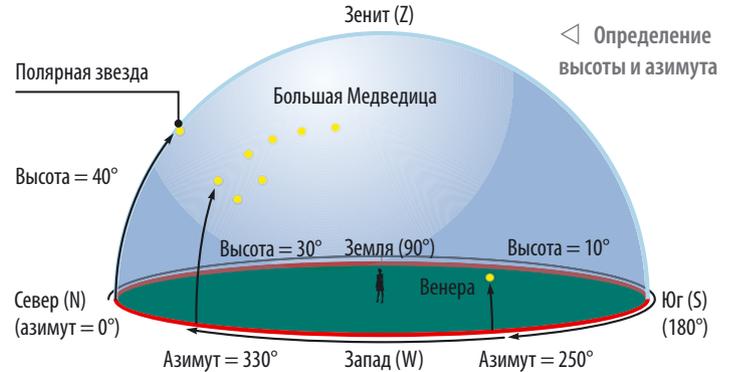
С древних времен для описания положения светил на небе используется понятие «небесная сфера». Это воображаемая сфера произвольного радиуса, на нее проецируются Солнце, Луна, звезды и другие небесные тела. Благодаря вращению Земли нам кажется, что небесная сфера вместе со светилами вращается вокруг полюсов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



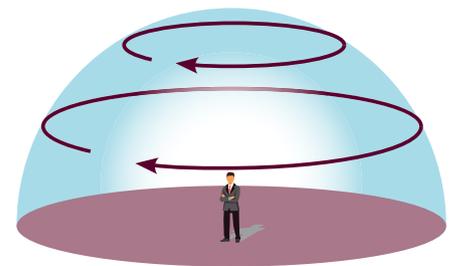
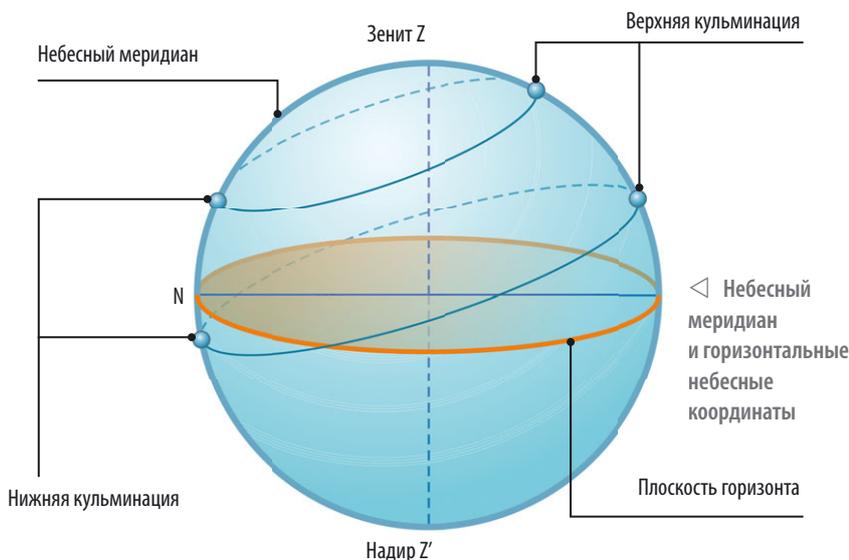
△ Небесная сфера и экваториальные небесные координаты

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.



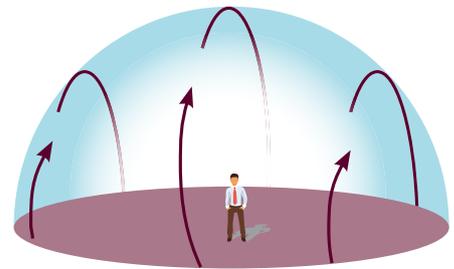
## ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ И ЭКВАТОРИАЛЬНЫЕ НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ

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  $15^\circ$ .



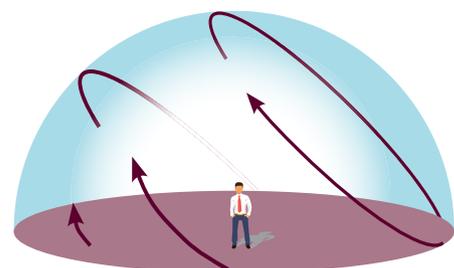
### △ Северный полюс

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

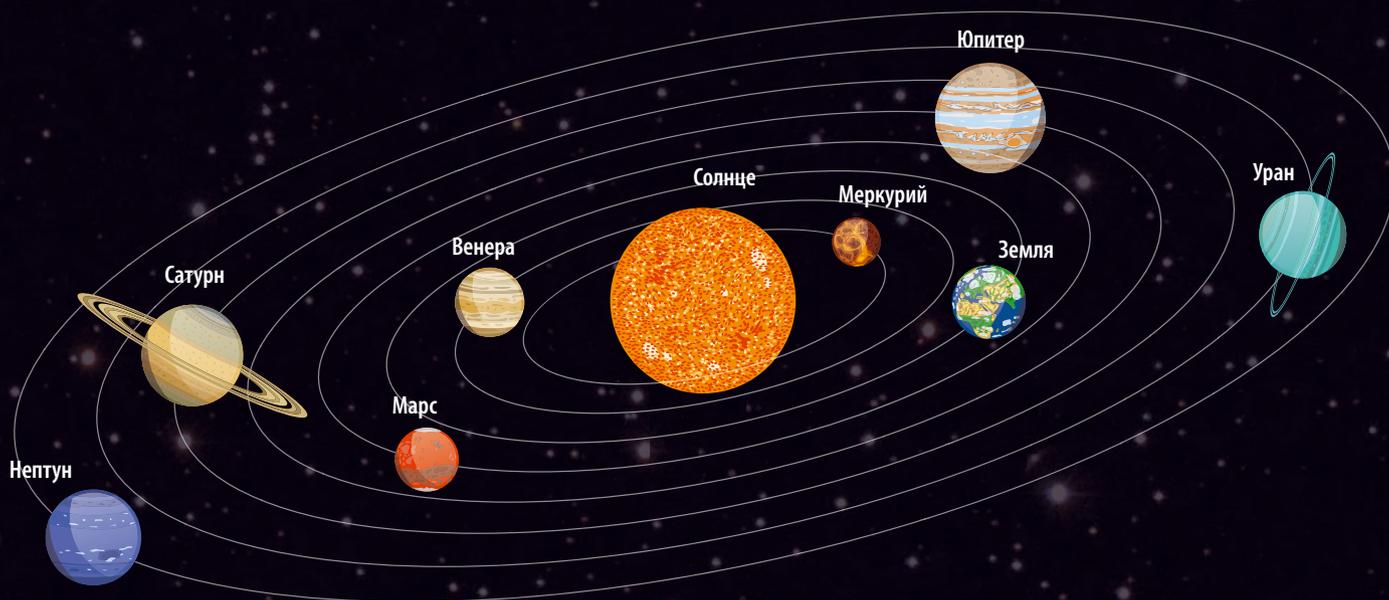
Вторая особенность вращения планет Солнечной системы связана с суточным движением, которое для большинства из них также происходит в прямом направлении с запада на восток. Лишь Уран и исключенный из числа планет Плутон вращаются, словно лежа на боку, и в обратном направлении, как и Венера.

### 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

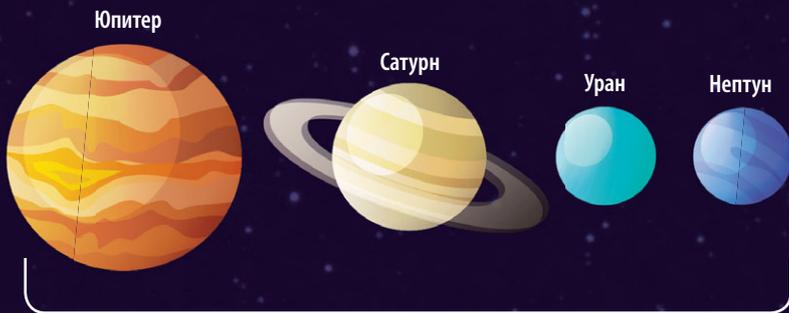


### Карликовые планеты

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.

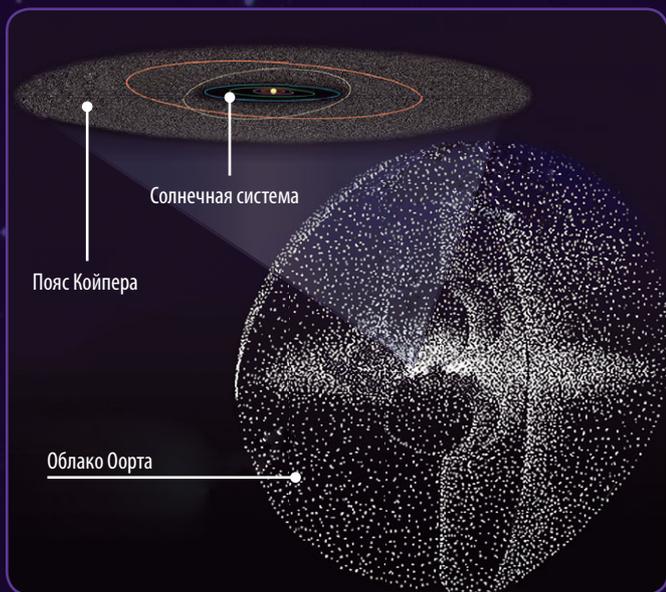
### Кометы

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)

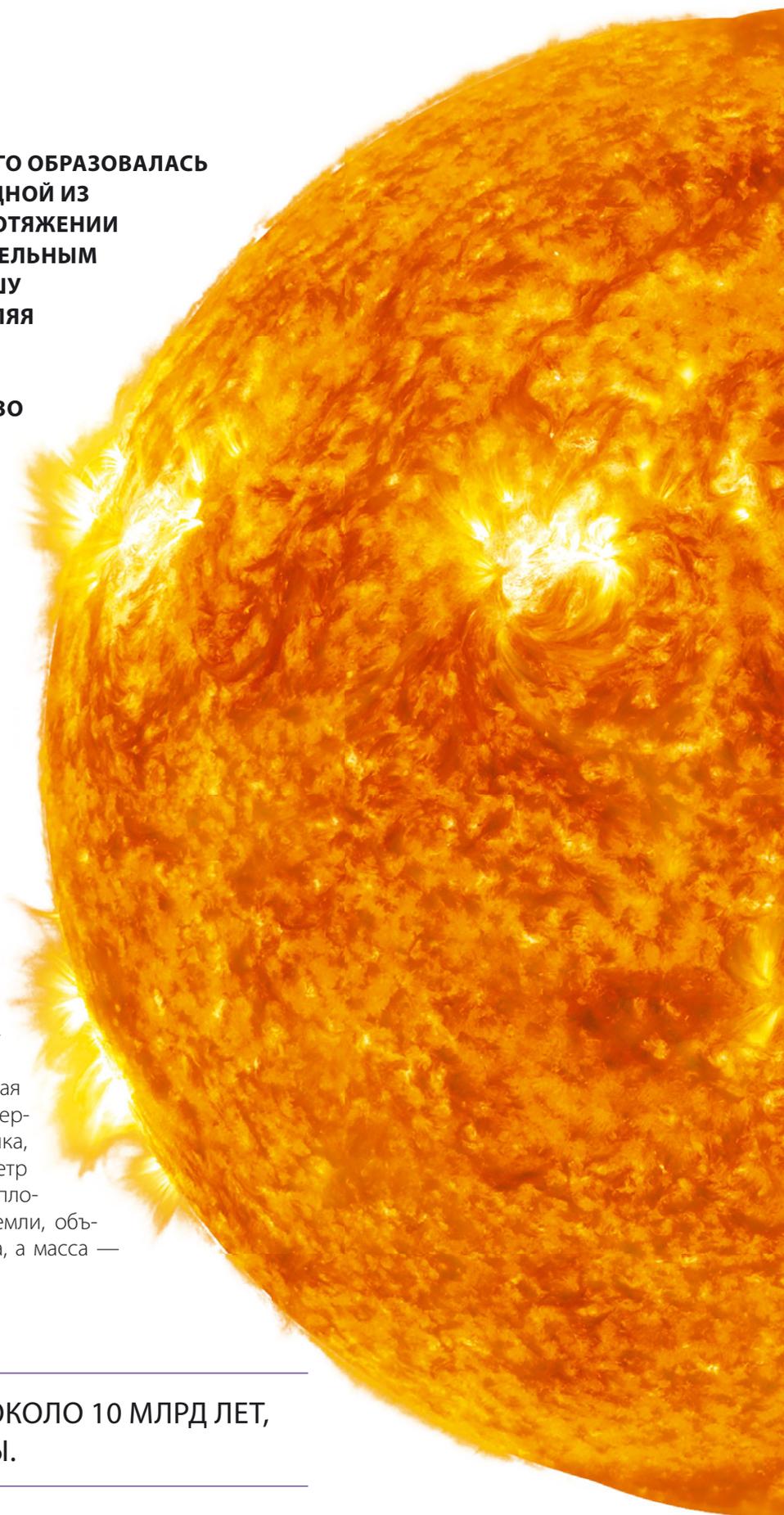
**Масса:**  $1,9891 \cdot 10^{30}$  кг (332 982 массы Земли)

## 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

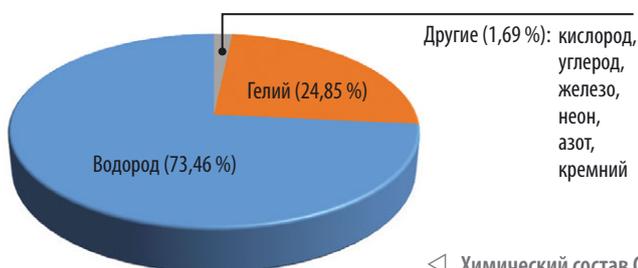
Газовый шар нашей звезды состоит из нескольких слоев с убывающей от центра плотностью. Внутри него протекают сложнейшие физико-химические процессы и выделяется колоссальное количество энергии. Солнечное излучение поддерживает жизнь на Земле, определяет на ней климат.

### 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 полоску. 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

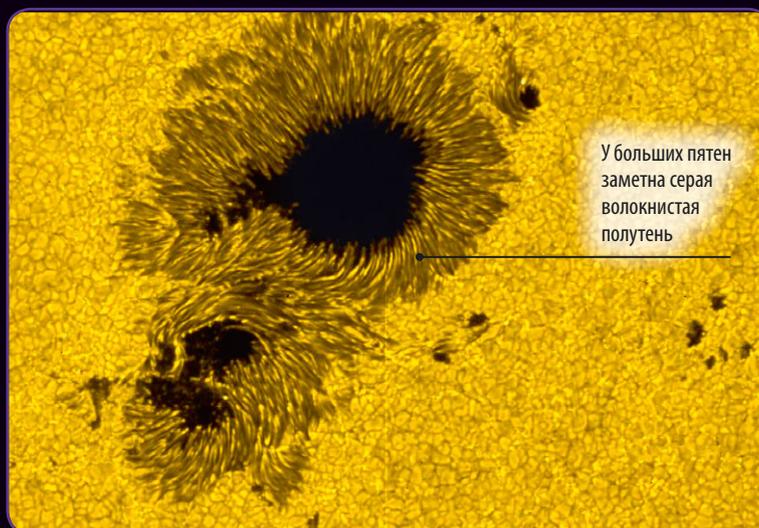
Протуберанцы — это выбросы относительно холодного (по сравнению с солнечной поверхностью) вещества солнечной плазмы. Они поднимаются и удерживаются над поверхностью Солнца магнитным полем. Визуально без помощи специальных приборов это явление можно увидеть лишь во время полного солнечного затмения, когда 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

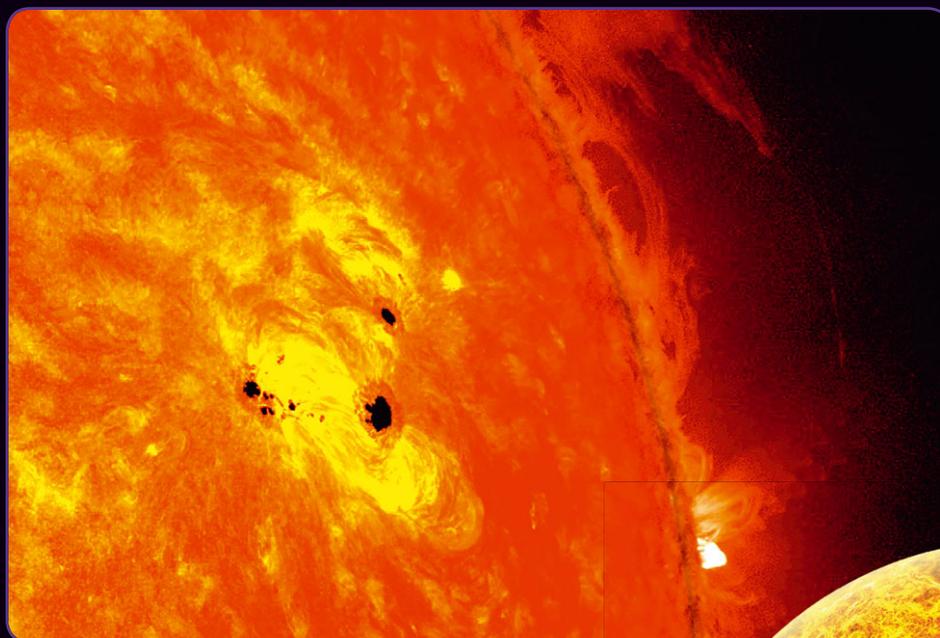
На ослепительной поверхности нашей звезды, вооружившись телескопом с защитной пленкой, можно рассмотреть темные пятна. Это участки солнечной поверхности, через которые проходят сильные магнитные поля. Они препятствуют тепловому перемешиванию вещества, из-за чего данные области примерно на 2000 К холоднее, 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 полутень

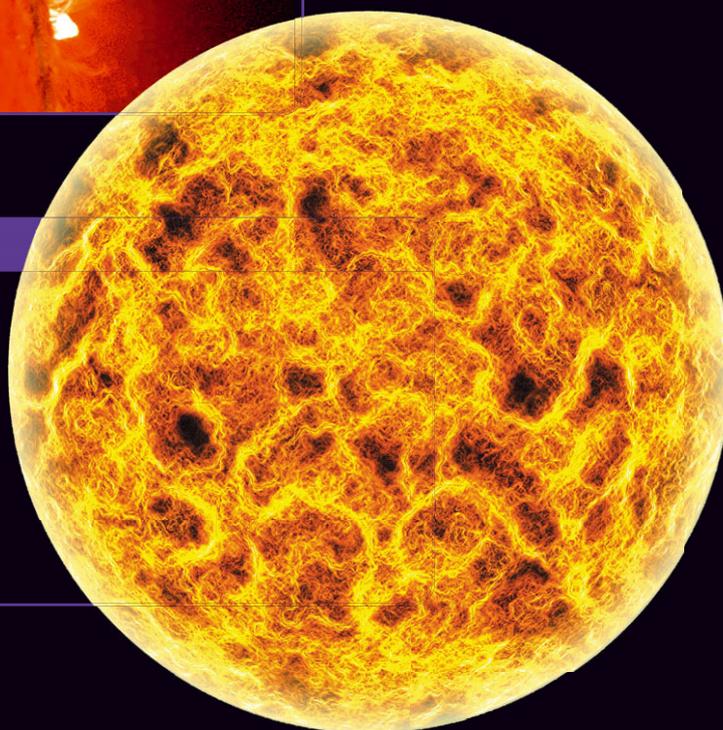
△ Большие и мелкие солнечные пятна

◁ 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

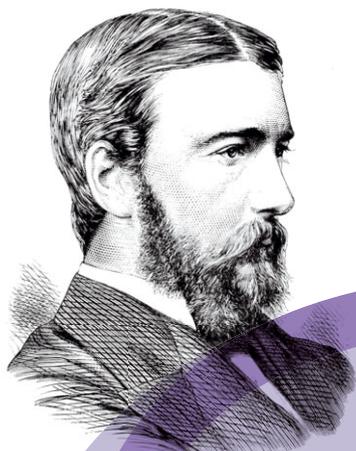
**В ТЕЧЕНИЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА О СОЛНЦЕ ПРЕТЕРПЕЛИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ — ОТ БОЖЕСТВА ДО РАСКАЛЕННОГО ГАЗОВОГО ШАРА, ВОКРУГ КОТОРОГО ДВИЖУТСЯ ПЛАНЕТЫ. ДРЕВНИЕ ЛЮДИ СЧИТАЛИ, ЧТО СОЛНЦЕ ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ ЗЕМЛИ, И ТОЛЬКО В 1543 ГОДУ КОПЕРНИК ВЫДВИНУЛ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ МИРА. ПОЗДНЕЕ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

ДО Н.Э.

Н.Э.

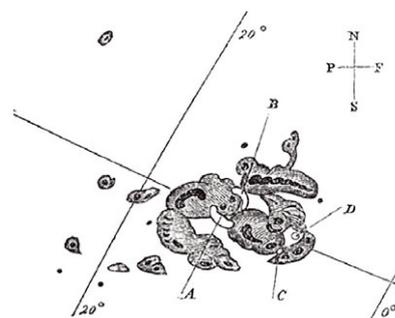
▶ 364

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



◀ Джозеф Норман Локьер

▶ Пятна на Солнце, зарисованные Ричардом Керрингтоном

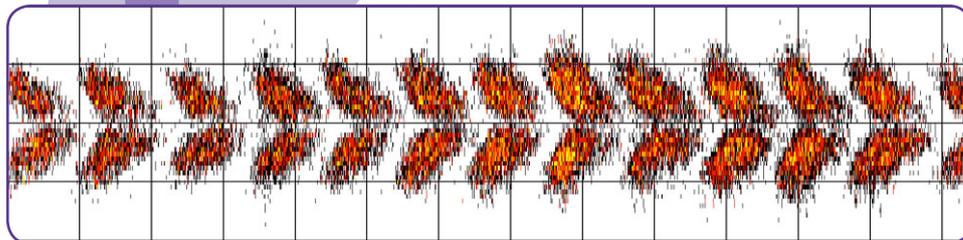


◀ 1868

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

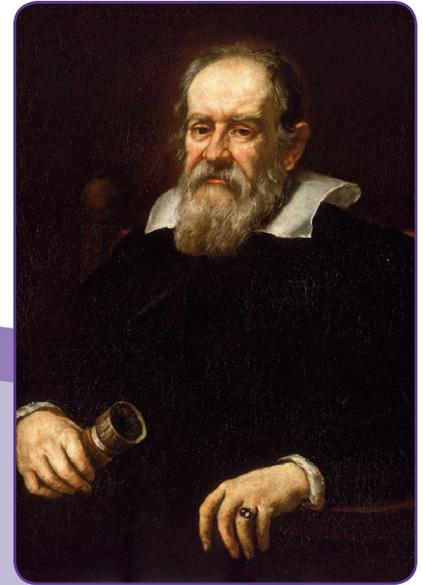
Английский астроном Эдвард Маундер выявил особенности появления пятен на Солнце и опубликовал данные в виде диаграммы («бабочки Маундера»). Она показывает, что солнечные пятна увеличиваются в количестве и двигаются в направлении солнечного экватора, когда цикл солнечной активности приближается к своему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

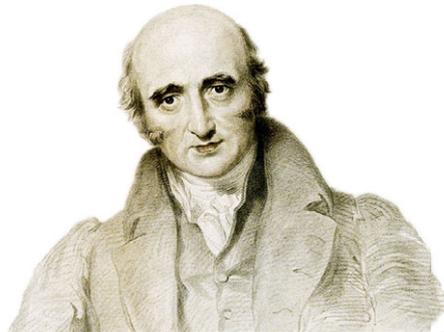
▶ 1543

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

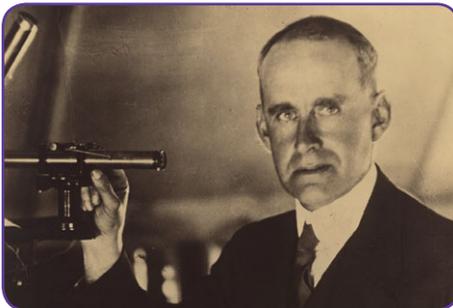


▶ 1843

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

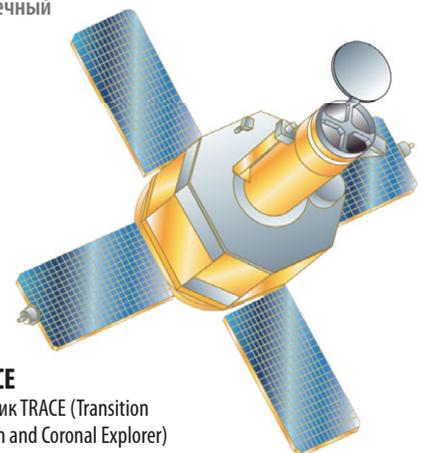
Год	Название миссии	Орбита
1960	«Пионер-5»	Орбита Земли
1965	«Пионер-6»	Орбита Земли
1966	«Пионер-7»	Орбита Земли
1967	«Пионер-8»	Орбита Земли
1968	«Пионер-9»	Орбита Земли
1973	«Скайлэб»	Орбита Земли
1974	«Гелиос-А»	Орбита Земли
1976	«Гелиос-Б»	Орбита Земли
1980	Solar Maximum Mission	Орбита Земли
1990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

△ 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.