

Б. Г. ПШЕНИЧЕР
О. В. АБРАМОВА

ВСЕЛЕННАЯ

ГАЛИЛЕЙ

был первым,
кто использовал телескоп
для изучения ночного неба

**ИЗОБРЕТАТЕЛЕМ
ТЕЛЕСКОПА**

является
Ханс Липперстейн (1608 г.)

**СОВРЕМЕННЫЕ
ТЕЛЕСКОПЫ**

могут обнаружить
инфракрасные и радиоволны

На сегодняшний
день существуют
**ОНЛАЙН-
ТЕЛЕСКОПЫ**,
позволяющие наблюдать
ночное небо
в разных местах
не отходя от дома

В инфографике

УДК 52
ББК 22.6
П93

Охраняется законом об авторском праве. Воспроизведение всей книги или любой ее части запрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке.

П93 **Вселенная** в инфографике / Б.Г. Пшеничнер, О.В. Абрамова. — Москва: Издательство АСТ, 2016. — 208 с. : ил. — (Все знания мира в инфографике).

Человек увлечен астрономией на протяжении многих веков, с тех пор как он в порыве любознательности впервые поглядел на небо...

Трудно вообразить себе масштабы Вселенной... Книга «Вселенная в инфографике» содержит интереснейшую информацию по астрономии, она познакомит вас с космическими объектами и покажет, как они связаны друг с другом, а также поможет тем, кто хочет начать самостоятельные исследования. Просто и наглядно о сложном – в инфографике!

УДК 52
ББК 22.6

Содержание

Введение	3
--------------------	---

Часть I.

ВСЕЛЕННАЯ. ОБЪЕКТЫ И ПРОЦЕССЫ

ГЛАВА I. Звезда Солнце	6
Внутреннее строение Солнца	7
Гелиосфера и межпланетные магнитные поля	13
Как Солнце влияет на Землю?	15
ГЛАВА II. Солнечная система	17
Разновеликие соседи	18
Пояс астероидов	19
Меркурий	21
Венера	22
Земля	24
Марс	26
Юпитер	28
Спутники и кольца Юпитера	31
Сатурн	33
Спутники и кольца Сатурна	34
Уран	35
Нептун	37
Кометы	39
Метеоры и метеорные потоки	41
Метеориты	43
ГЛАВА III. Звёзды, туманности, межзвёздная среда	45
Характеристики звёзд	46
Внутреннее строение звёзд	49
Эволюционные превращения звёзд	50
Рождение звёзд	53
Гибель звёзд	54
Звёзды — соседи Солнца	56
Скопления и ассоциации звёзд	57
Молекулярные облака и межзвёздный газ	58
Межзвёздная пыль	60
ГЛАВА IV. Звёздные системы — галактики	61
Млечный Путь	61
Многообразие галактик	62
Взаимодействующие галактики	65
Расширяющаяся Вселенная	66



Часть II. КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ

ГЛАВА I. Катастрофы в Солнечной системе	70
Луна — «музей истории космических катастроф»	70
Следы катастроф на планетах земной группы	74
Следы катастроф на газовых гигантах и их спутниках	78
Таинственная планета Фаэтон	81
ГЛАВА II. Космические катастрофы в истории Земли	84
Импактные события — грозные явления природы	87
Крупнейшие астроблемы планеты	93
Отчего погибли динозавры?	96
Массовые вымирания — следствие космических катастроф?	103
ГЛАВА III. Как исчезла легендарная Атлантида?	112
Какие стихийные бедствия могли уничтожить Атлантиду?	115
Катастрофа «свалилась» с неба?	121
Местонахождение древней Атлантиды.	124
ГЛАВА IV. Тунгусская катастрофа — загадка XX века.	134
Что произошло над сибирской тайгой?	135
Поиски продолжаются.	143
Что взорвалось над тунгусской тайгой 30 июня 1908 года?	149
Бразильский метеорит — двойник Тунгусского?	157
Челябинский феномен	159
ГЛАВА V. Кометно-астероидная опасность	165
Астероиды, сближающиеся с Землёй	165
Что опасней: кометы или астероиды?	168
Космические катастрофы: вероятность и возможные последствия	172
Мониторинг сближающихся объектов	176
Методы и средства обнаружения и слежения	177
Реализуемые проекты и программы наблюдений.	182
Рукотворная космическая опасность.	187
ГЛАВА VI. Всемирная служба космической безопасности.	192
Активная защита. Варианты базирования средств системы перехвата опасных космических объектов.	192
Защита на ближних рубежах	196
Защита на дальних рубежах	201
Возможные экологические последствия защиты от опасных астероидов	204
Космические миссии — репетиции активной защиты от ОКО	206
Проект «Цитадель»	215



Часть I

ВСЕЛЕННАЯ.
ОБЪЕКТЫ И ПРОЦЕССЫ

ГЛАВА I

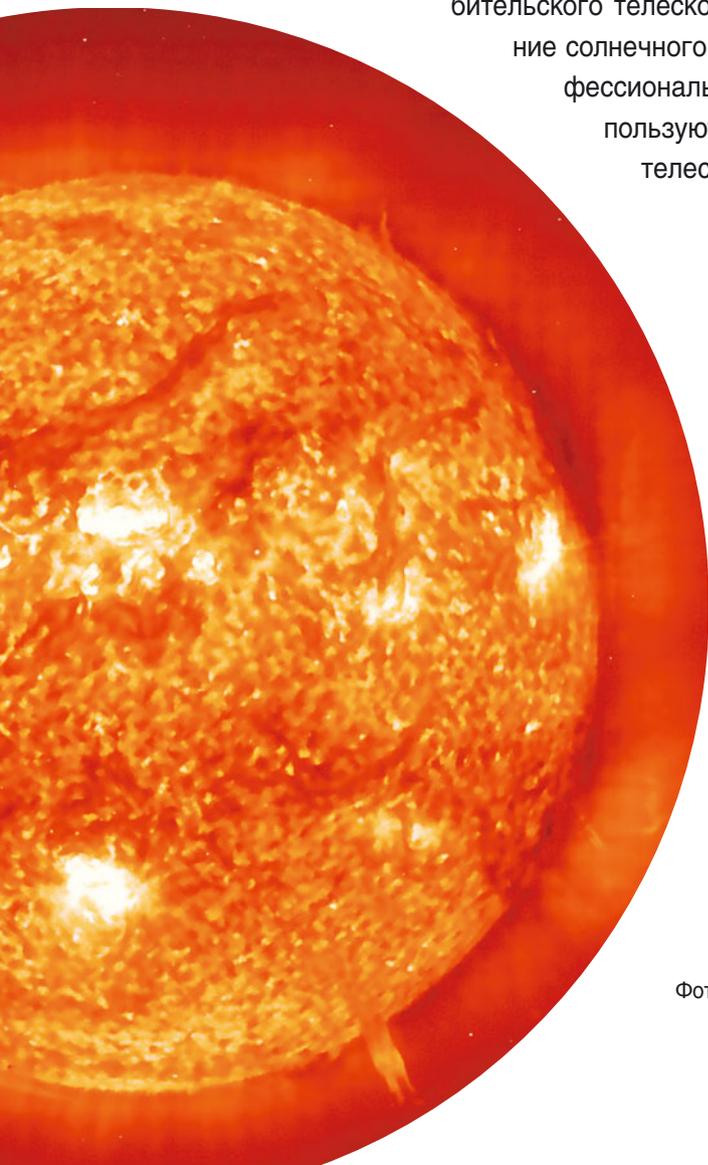
ЗВЕЗДА СОЛНЦЕ

Солнце — самая близкая к Земле звезда, дающая нам свет и тепло. Этот газовый шар не имеет чёткой границы, его плотность убывает постепенно. Почему же мы видим Солнце резко очерченным? Дело в том, что практически всё его видимое излучение исходит из очень тонкого слоя, который называют фотосферой (греч. «сфера света»). Её толщина не превышает 200–300 км, что очень мало по сравнению с радиусом Солнца. Именно тонкость этого слоя и создаёт у наблюдателя иллюзию того, что Солнце имеет «поверхность». Слои выше фотосферы прозрачны для видимого света, а ниже наш взгляд просто не проникает.

Каждому известно, что нельзя смотреть на Солнце невооружённым глазом, а тем более в телескоп без специальных, очень тёмных светофильтров или других устройств, ослабляющих свет. Пренебрегая этим запретом, наблюдатель рискует получить сильнейший ожог глаз. Самый простой способ рассматривать Солнце — спроецировать его изображение на белый экран. При помощи даже маленького любительского телескопа можно получить увеличенное изображение солнечного диска со множеством деталей. Однако профессиональные астрономы для изучения Солнца используют специальные инструменты — солнечные телескопы.

На первый взгляд диск Солнца кажется однородным. Однако, если приглядеться, на нём можно обнаружить много крупных и мелких деталей. Даже при среднем качестве изображения видно, что вся фотосфера состоит из светлых зёрен — гранул — и тёмных промежутков между ними. Размеры гранул невелики по солнечным масштабам, 1000–2000 км в поперечнике; тёмные межгранульные дорожки более узкие, примерно 300–600 км в ширину. На солнечном диске наблюдается одновременно около миллиона гранул.

Фотография Солнца в ультрафиолетовых лучах





Грануляция создаёт общий фон, на котором можно наблюдать гораздо более контрастные и крупные объекты — солнечные пятна и факелы. Солнечные пятна — это тёмные образования на диске Солнца. В телескоп видно, что крупные пятна имеют довольно сложное строение: тёмную область, называемую тенью, окружает полутень, диаметр которой в 2–3 раза превышает размер тени. Если пятно наблюдается на краю солнечного диска, то создается впечатление, что оно похоже на глубокую тарелку. Происходит это потому, что газ в пятнах прозрачнее, чем в окружающей атмосфере, и взгляд проникает глубже. По величине пятна бывают очень разными — от малых, диаметром примерно 1000–2000 км, до гигантских, значительно превосходящих размеры нашей планеты. Отдельные пятна могут достигать в поперечнике 40 тыс. км. Диаметр самого большого из наблюдавшихся пятен — 100 тыс. км. Установлено, что пятна — это места выхода в солнечную атмосферу сильного магнитного поля. Там, где поле сильнее, температура падает. Пятна холоднее окружающего их вещества, а следовательно, менее яркие. Вот почему на общем фоне они выглядят тёмными. Практически всегда пятна окружены светлыми ажурными полями, которые называют факелами или факельными полями. Особенно отчётливо они видны на краю солнечного диска и кажутся набором ярких волокон, образующих ячейки размером около 30 тыс. км. По-видимому, факелы тоже являются местами выхода магнитного поля в наружные слои Солнца, но это поле слабее, чем в пятнах.

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА – ЭТО ТЁМНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ДИСКЕ СОЛНЦА.

Пятна и факелы вместе образуют активные области. Именно там происходят солнечные вспышки, и над ними в верхних слоях солнечной атмосферы висят протуберанцы. Все сложные процессы, происходящие в активных областях на Солнце, связаны с изменчивостью породившего их магнитного поля.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

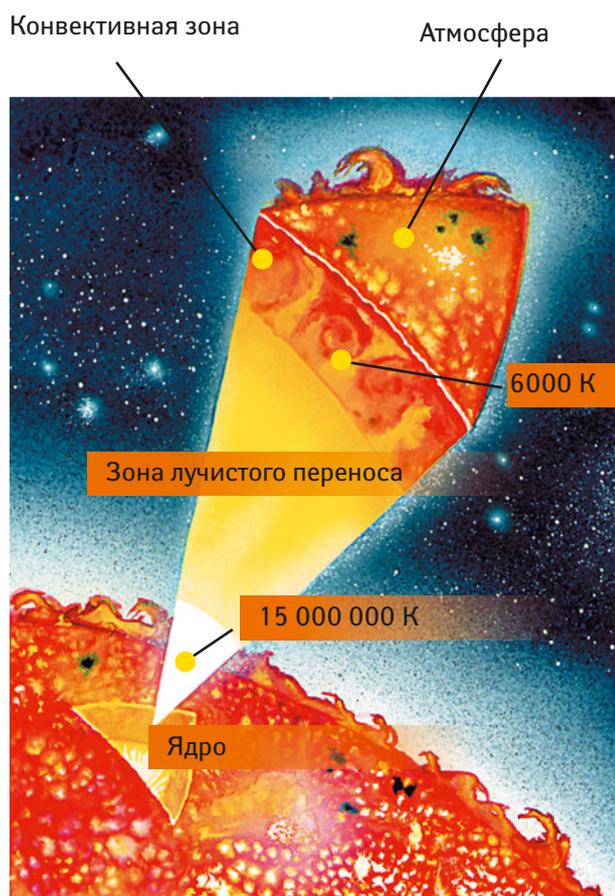
Солнце — огромный светящийся газовый шар, внутри которого протекают сложные процессы и в результате непрерывно выделяется энергия. В центральной части Солнца находится источник его энергии — та «печка», которая нагревает его и не даёт ему остыть. Эта область называется ядром. Под тяжестью внешних слоёв вещество внутри Солнца сжато, причём чем глубже, тем сильнее. Плотность его увеличивается к центру вместе с ростом давления и температуры. В ядре, где температура достигает 15 млн Кельвинов, происходит выделение энергии в результате слияния атомов лёгких химических элементов в атомы более тяжёлых.

Ядро имеет радиус не более четверти общего радиуса Солнца. Однако в его объёме сосредоточена половина солнечной массы и выделяется практически вся энергия, которая поддерживает свечение Солнца.

Вокруг ядра — зона лучистого переноса энергии, она распространяется путём поглощения и излучения веществом порций света — квантов. Плотность, температура и давление уменьшаются по мере удаления от ядра, и в этом же направлении идёт поток энергии. В целом процесс этот крайне медленный. Чтобы квантам добраться от центра Солнца до фотосферы, необходимы многие тысячи лет: ведь, переизлучаясь, кванты всё время меняют направление, почти столь же часто двигаясь назад, как и вперёд. Так что если бы «печка» внутри Солнца вдруг погасла, то мы узнали бы об этом только миллионы лет спустя.

СОЛНЦЕ – ОГРОМНЫЙ СВЕЯЩИЙСЯ ГАЗОВЫЙ ШАР, ВНУТРИ КОТОРОГО ПРОТЕКАЮТ СЛОЖНЫЕ ПРОЦЕССЫ.

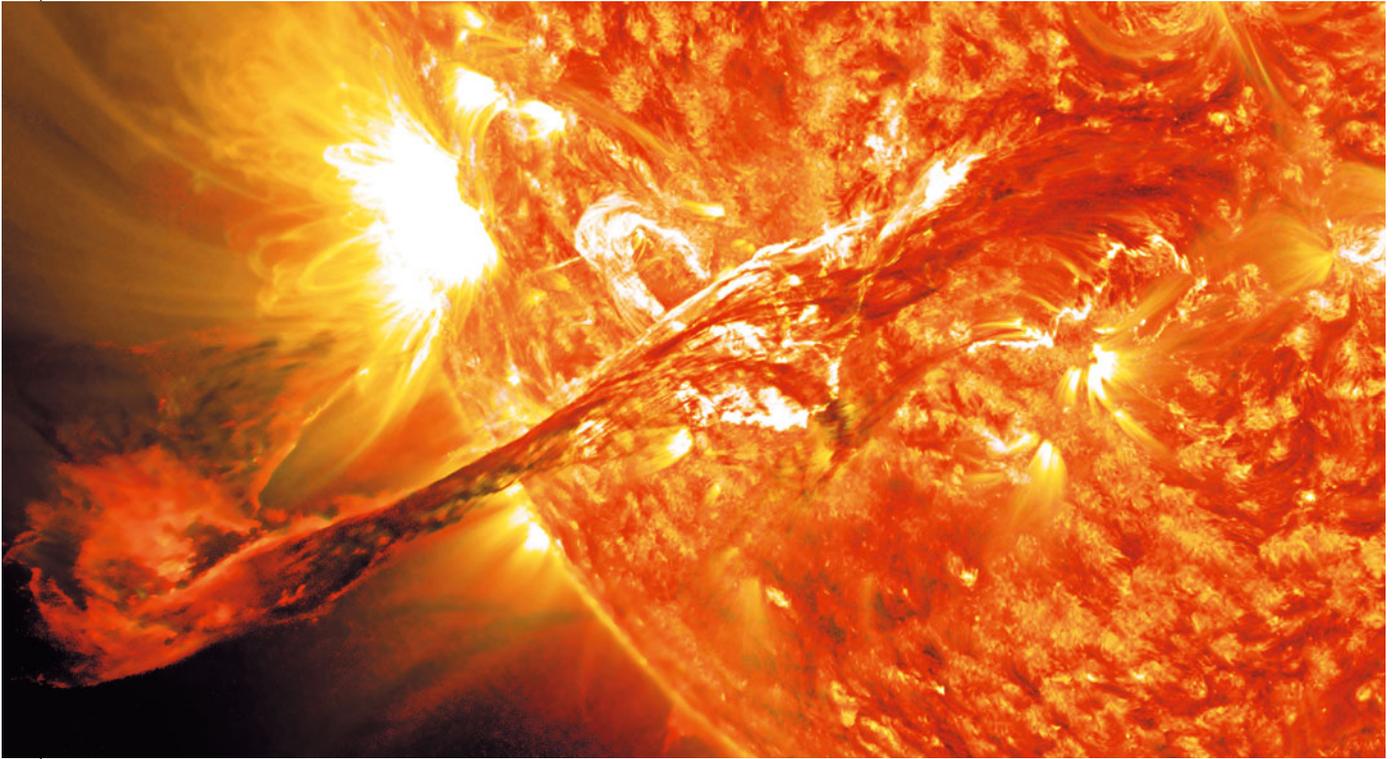
В конвективной зоне энергия передаётся уже не излучением, а конвекцией — перемешиванием. Огромные потоки горячего газа поднимаются вверх, где отдают своё тепло окружающей среде, а охлаждённый солнечный газ опускается вниз.



Внутреннее строение Солнца

Атмосфера Солнца — его внешние слои. Оттуда часть излучения беспрепятственно уходит в окружающее пространство. Атмосфера начинается на 200–300 км глубже видимого края солнечного диска. Самые глубокие слои атмосферы называют фотосферой. Поскольку их толщина составляет не более одной трёхтысячной доли солнечного радиуса, фотосферу иногда условно называют поверхностью Солнца.

Плотность газов в фотосфере примерно такая же, как в земной стратосфере, и в сотни раз меньше, чем у поверхности Земли, а температура среднего слоя, излучение которого мы воспринимаем, около 6000 K. Над фотосферой расположена хромосфера (*греч.* «сфера цвета»), которая названа так за свою красновато-фиолетовую окраску. Хромосфера весьма



Выброс корональной массы Солнца

неоднородна и состоит в основном из продолговатых вытянутых язычков (спикул), придающих ей вид горящей травы. Температура этих хромосферных струй в два-три раза выше, чем в фотосфере, а плотность в сотни тысяч раз меньше. Общая протяжённость хромосферы 10–15 тыс. км.

Часто во время затмений (а при помощи специальных спектральных приборов — и не дожидаясь затмений) над поверхностью Солнца можно наблюдать причудливой формы «фонтаны», «облака», «воронки», «кусты», «арки» и прочие ярко светящиеся образования из хромосферного вещества. Они бывают неподвижными или медленно изменяющи-

РАСПРОСТРАНЯЯСЬ ДАЛЕКО ЗА ПРЕДЕЛЫ ОРБИТ ЮПИТЕРА И САТУРНА, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР ОБРАЗУЕТ ГИГАНТСКУЮ ГЕЛИОСФЕРУ.

мися, окружёнными плавными изогнутыми струями, которые втекают в хромосферу или вытекают из неё, поднимаясь на десятки и сотни тысяч километров. Это самые грандиозные образования солнечной атмосферы — протуберанцы.

Самая внешняя часть его атмосферы — самая разреженная и самая горячая. Добавим, что она и самая близкая к нам: оказывается, она простирается на миллионы километров

Солнце

1

На солнечном диске наблюдается одновременно около миллиона гранул.

Даже при среднем качестве изображения видно, что вся фотосфера состоит из светлых зёрен — гранул — и тёмных промежутков между ними.



2

Грануляция создаёт общий фон, на котором можно наблюдать гораздо более контрастные и крупные объекты — солнечные пятна и факелы.

По величине пятна бывают очень разными — от малых, диаметром примерно **1000—2000 км**, до гигантских, значительно превосходящих размеры нашей планеты.



Установлено, что пятна — это места выхода в солнечную атмосферу сильного магнитного поля. Там, где поле сильнее, температура падает. Пятна холоднее окружающего их вещества, а следовательно, менее яркие.

3

Практически всегда пятна окружены светлыми ажурными полями, которые называют факелами или факельными полями.

Пятна и факелы вместе образуют активные области. Именно там происходят солнечные вспышки, и над ними в верхних слоях солнечной атмосферы висят протуберанцы.

Факелы тоже являются местами выхода магнитного поля в наружные слои Солнца, но это поле слабее, чем в пятнах.



Размеры гранул невелики по солнечным масштабам, **1000—2000 км** в поперечнике.

1 392 000 000 км

Отдельные пятна могут достигать в поперечнике **40 тыс. км.**

Особенно отчётливо они видны на краю солнечного диска и кажутся набором ярких волокон, образующих ячейки размером около **30 тыс. км.**



Почему же мы видим Солнце резко очерченным?
Дело в том, что практически всё его видимое излучение исходит из очень тонкого слоя, который называют фотосферой (греч. «сфера света»). Её толщина не превышает **200—300 км**.

71% H

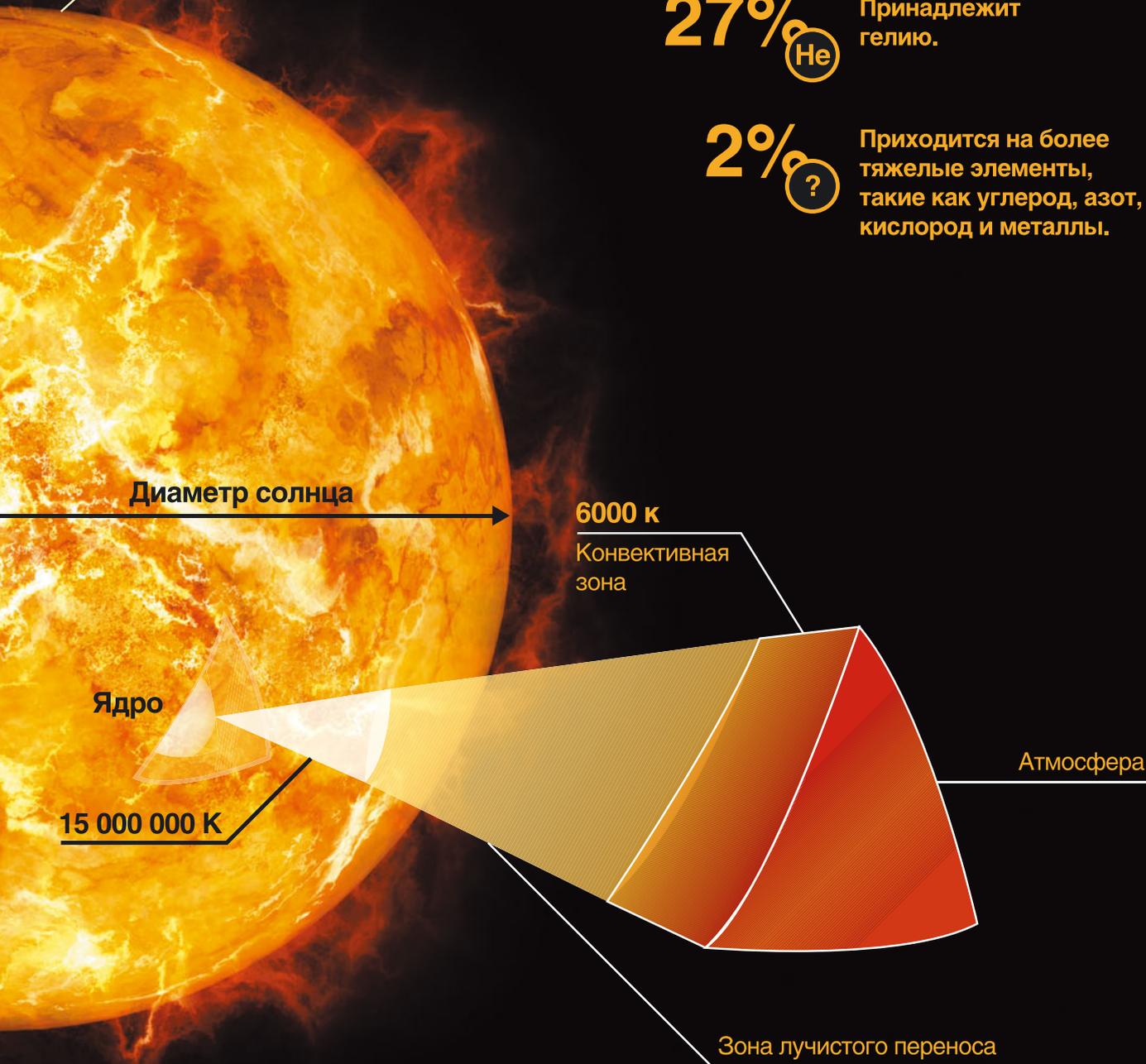
Всей массы светила приходится на водород.

27% He

Принадлежит гелию.

2% $?$

Приходится на более тяжелые элементы, такие как углерод, азот, кислород и металлы.



далеко от Солнца в виде постоянно движущегося от него потока плазмы — солнечного ветра. Вблизи Земли его скорость составляет в среднем 400–500 км/с, а порой достигает почти 1000 км/с.

Распространяясь далеко за пределы орбит Юпитера и Сатурна, солнечный ветер образует гигантскую гелиосферу, граничащую с ещё более разреженной межзвёздной

средой. Фактически мы живём окружённые солнечной короной, хотя и защищённые от её проникающей радиации надёжным барьером в виде земного магнитного поля. Через корону солнечная активность влияет на многие процессы, происходящие на Земле.

Почему Солнце светит и не остывает уже миллиарды лет? Какое «топливо» даёт ему энергию? Ответы на эти вопросы учёные искали веками, и только в начале XX в. было найдено правильное решение. Теперь известно, что Солнце, как и другие звёзды, светит благодаря протекающим в его недрах термоядерным реакциям.

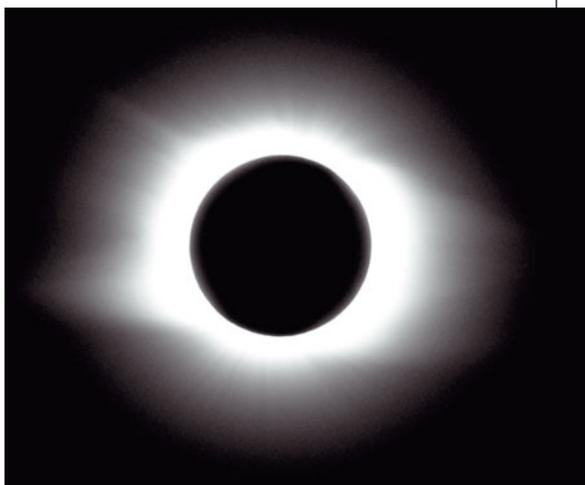
Если ядра атомов лёгких элементов сольются в ядро атома более тяжёлого

элемента, то масса нового ядра окажется меньше, чем суммарная масса тех ядер, из которых оно образовалось. Остаток массы превращается в энергию, которую уносят частицы, освободившиеся в ходе реакции. Эта энергия почти полностью переходит в тепло. Такая реакция синтеза атомных ядер может происходить только при очень высоком давлении и температуре свыше 10 млн градусов. Поэтому она и называется термоядерной.

ОСНОВНОЕ ВЕЩЕСТВО, СОСТАВЛЯЮЩЕЕ СОЛНЦЕ, — ВОДОРОД, НА ЕГО ДОЛЮ ПРИХОДИТСЯ ОКОЛО 71% ВСЕЙ МАССЫ СВЕТИЛА.

Основное вещество, составляющее Солнце, — водород, на его долю приходится около 71% всей массы светила. Почти 27% принадлежит гелию, а остальные 2% — более тяжёлым элементам, таким как углерод, азот, кислород и металлы.

По-видимому, наиболее важной для большинства звёзд является протон-протонная термоядерная реакция, когда при тесном сближении ядер атомов водорода — протонов происходит ряд последовательных ядерных превращений и образуется ядро гелия, так



Во время полного солнечного затмения хорошо видна солнечная корона



что главным «топливом» на Солнце служит именно водород. Из каждого грамма водорода, участвующего в реакции, выделяется $6 \cdot 10^{11}$ Дж энергии! На Земле такого количества энергии хватило бы для того, чтобы 1000 м^3 воды (!) нагреть от температуры $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до точки кипения.

Сейчас внутри Солнца гораздо больше гелия, чем на его поверхности. Естественно, возникает вопрос: что же будет с Солнцем, когда весь водород в его ядре выгорит и превратится в гелий и как скоро это произойдёт? Оказывается, примерно через 5 млрд лет содержание водорода в ядре Солнца настолько уменьшится, что его «горение» начнётся в слое вокруг ядра. Это приведёт к «раздуванию» солнечной атмосферы, увеличению размеров Солнца, падению температуры на поверхности и повышению её в ядре.

Постепенно Солнце превратится в красный гигант — сравнительно холодную звезду огромного размера с атмосферой, превосходящей границы орбиты Земли. Жизнь Солнца на этом не закончится, и оно будет претерпевать ещё много изменений, пока в конце концов не станет холодным и плотным газовым шаром, внутри которого уже не произойдёт никаких термоядерных реакций.

ГЕЛИОСФЕРА И МЕЖПЛАНЕТНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

В конце 1950-х гг. американский астрофизик Юджин Паркер предположил, что газ солнечной короны непрерывно расширяется, заполняя Солнечную систему. Он основывался на том, что газ в солнечной короне имеет высокую температуру, которая сохраняется с удалением от Солнца. Результаты, полученные с помощью советских и американских космических аппаратов, подтвердили правильность теории Паркера.

В межпланетном пространстве действительно мчится направленный от Солнца поток вещества, названный солнечным ветром. Он представляет собой продолжение расширяющейся солнечной короны. Солнечный ветер состоит в основном из ядер атомов водорода (протонов) и гелия (альфа-частиц), а также электронов.

Солнечный ветер создаёт пузырь в межзвёздной среде, называемый гелиосферой. Внешняя граница солнечного ветра называется гелиопаузой, за ней солнечный ветер и межзвёздное вещество смешиваются, взаимно растворяясь. Гелиопауза находится примерно в четыре раза дальше Плутона и считается началом межзвёздной среды, она вытянута в противоположную движению Солнца сторону.

Благодаря исследованиям космических аппаратов «Вояджер» стало известно, что магнитное поле на границе Солнечной системы имеет структуру, похожую на пену. Каждый «пузырёк» этой «космической пены» составляет в поперечнике порядка 150 млн км, что соответствует расстоянию от Солнца до Земли! Возникают эти магнитные «пузыри» на границе Солнечной системы из-за того, что наша звезда вращается и её вращение приводит к тому, что линии магнитного поля «запутываются» и образуют самостоятельные структуры («пузыри»), отделившиеся от основного магнитного поля звезды.

В настоящее время «Вояджеры» вплотную приблизились к самой границе Солнечной системы, и ожидается, что в ближайшие годы человечество получит ценную информацию



Полярное сияние над Землёй

об условиях в местном межзвёздном облаке за её пределами, а также о том, насколько хорошо гелиосфера защищает Солнечную систему от космических лучей.

Частицы солнечного ветра летят со скоростями несколько сотен километров в секунду, удаляясь от Солнца на многие десятки астрономических единиц — туда, где межпланетная среда Солнечной системы переходит в разреженный межзвёздный газ. А вместе с ветром в межпланетное пространство переносится и солнечное магнитное поле.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР ВМЕСТЕ С «ВМОРОЖЕННЫМ» В НЕГО МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ФОРМИРУЕТ ГАЗОВЫЕ ХВОСТЫ КОМЕТ, НАПРАВЛЯЯ ИХ В СТОРОНУ ОТ СОЛНЦА.

Общее магнитное поле Солнца по форме линий магнитной индукции немного напоминает земное. Но силовые линии земного поля близ экватора замкнуты и не пропускают направленные к Земле заряженные частицы. Силовые линии солнечного поля, напротив, в экваториальной области разомкнуты и вытягиваются в межпланетное пространство, искривляясь подобно спиралям. Объясняется это тем, что силовые линии остаются связанными с Солнцем, которое вращается вокруг своей оси.



Солнечный ветер вместе с «вмороженным» в него магнитным полем формирует газовые хвосты комет, направляя их в сторону от Солнца. Встречая на своём пути Землю, солнечный ветер сильно деформирует её магнитосферу, в результате чего наша планета обладает длинным магнитным «хвостом», также направленным от Солнца. При этом магнитное поле Земли чутко отзывается на обдувающие её потоки солнечного вещества.

КАК СОЛНЦЕ ВЛИЯЕТ НА ЗЕМЛЮ?

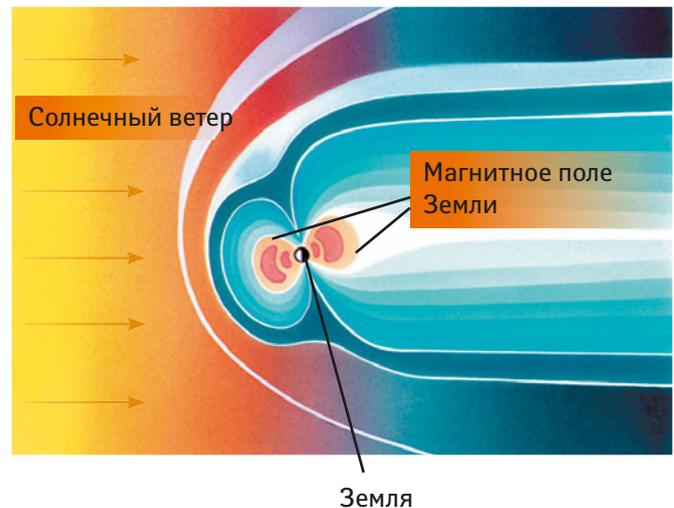
Солнце посылает на Землю электромагнитные волны всевозможной длины — от многокилометровых радиоволн до чрезвычайно коротковолновых гамма-лучей. Окрестностей Земли достигают также заряженные частицы разной энергии — как высокой (солнечные космические лучи), так и низкой и средней (потоки солнечного ветра, выбросы от вспышек), называемые солнечным ветром. Только очень малая часть заряженных частиц из межпланетного пространства попадает в атмосферу Земли (остальные отклоняет или задерживает геомагнитное поле).

Быстрые частицы вызывают сильные токи в земной атмосфере, приводят к возмущению магнитного поля нашей планеты и даже влияют на циркуляцию воздуха в атмосфере. Наиболее ярким и впечатляющим проявлением бомбардировки атмосферы солнечными частицами являются полярные сияния. Это свечение в верхних слоях атмосферы, имеющее либо размытые (диффузные) формы, либо вид корон или занавесей (драпри), состоящих из многочисленных отдельных лучей. Сияния обычно бывают красного или зелёного цвета.

Ионизацию земной атмосферы и нарушение связи на коротких волнах вызывают рентгеновские кванты, проникающие до высот 80–100 км от поверхности Земли. Они образуются при сильных всплесках солнечного рентгеновского излучения от хромосферных вспышек.

Часть наиболее длинноволнового ультрафиолетового излучения, которая доходит до земной поверхности, вызывает у людей загар и даже ожоги кожи при длительном пребывании на солнце. Основной же поток приходящих от Солнца губительных для всего живого ультрафиолетовых лучей задерживает «озонный экран», формирующийся на высоте 30–35 км над поверхностью Земли.

Излучение в видимом диапазоне поглощается слабо. Однако оно рассеивается атмосферой даже в отсутствие облаков, и часть его возвращается в межпланетное пространство. Облака, состоящие из капелек воды и твёрдых частиц, значительно усили-



Магнитосфера Земли отклоняет солнечный ветер

вают отражение солнечного излучения. В результате до поверхности планеты доходит в среднем около половины света, падающего на границу земной атмосферы.

На Земле излучение поглощается сушей и океаном. Нагретая земная поверхность излучает в длинноволновой инфракрасной области. Это излучение жадно поглощается водяным паром и углекислым газом, благодаря чему воздушная оболочка удерживает тепло. В этом и заключается парниковый эффект атмосферы.

ВСТРЕЧАЯ НА СВОЁМ ПУТИ ЗЕМЛЮ, СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР СИЛЬНО ДЕФОРМИРУЕТ ЕЁ МАГНИТОСФЕРУ, В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО НАША ПЛАНЕТА ОБЛАДАЕТ ДЛИННЫМ МАГНИТНЫМ «ХВОСТОМ».

Встречая на своём пути Землю, солнечный ветер сильно деформирует её магнитосферу, в результате чего наша планета обладает длинным магнитным «хвостом», также направленным от Солнца. Магнитное поле Земли чутко отзывается на обдувающие её потоки солнечного вещества.

Время от времени на Солнце происходят вспышки — внезапное выделение энергии, накопленной в магнитном поле. При этом происходит выброс частиц высокой энергии в межпланетное пространство и наблюдается мощное излучение в радиодиапазоне. Такие взрывоподобные процессы могут продолжаться всего несколько минут, но за это время выделяется примерно такое же количество тепла, которое приходит от Солнца на всю поверхность нашей планеты за целый год. Потоки жёсткого рентгеновского излучения и солнечных космических лучей, рождающиеся при вспышках, оказывают сильное влияние на физические процессы в верхней атмосфере Земли и околоземном пространстве. Если не принять специальных мер, могут выйти из строя сложные космические приборы и солнечные батареи. Появляется даже серьёзная опасность облучения космонавтов, находящихся на орбите. Поэтому в разных странах проводятся работы по прогнозированию солнечных вспышек на основании измерений солнечных магнитных полей.





ГЛАВА II

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Солнечная система — это система космических небесных тел, связанных друг с другом силами тяготения. В неё входят центральное светило Солнце, в котором заключено около 99,87% всей массы Солнечной системы, обращающиеся вокруг него планеты, карликовые планеты и малые тела, а также все естественные спутники. Новейшие астрономические открытия привели к тому, что последняя классификация тел, входящих в Солнечную систему, была проведена совсем недавно — в 2006 г.

На сегодняшний день к планетам относят восемь крупных небесных тел, которые под действием собственной гравитации приняли форму шара: Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Их масса достаточна для поддержания гидростатического равновесия, при котором давление недр уравнивается силами гравитации, и настолько велика, что в окрестностях орбиты имеется пространство, практически свободное от других тел.

Все планеты расположены почти в одной плоскости и обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам в одном направлении.

Карликовые планеты тоже обращаются вокруг Солнца. Они находятся в гидростатическом равновесии и имеют форму шара, однако их масса недостаточна для того, чтобы освободить окрестности орбиты от других тел. Например, отношение массы Плутона, второй по размеру карликовой планеты, к массе других тел в окрестностях его орбиты равно всего лишь 0,07. Ещё для одной карликовой планеты, Цереры, оно составляет 0,33, в то время как для Юпитера это отношение равно 318, а для Земли — 1,7 млн.

ВСЕ ПЛАНЕТЫ РАСПОЛОЖЕНЫ ПОЧТИ В ОДНОЙ ПЛОСКОСТИ И ОБРАЩАЮТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА ПО КРУГОВЫМ ОРБИТАМ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ.

В настоящее время официально признано пять карликовых планет, хотя предполагается, что их в Солнечной системе может быть гораздо больше: это Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке и Эрида — самая большая из карликовых планет, расположенная в наиболее удалённых областях Солнечной системы. До 2006 г. Плутон считался планетой, но открытие на рубеже XX и XXI вв. объектов, сравнимых по размерам с Плутоном, в частности Эриды, потребовало более чёткой формулировки понятия «планета».

Объекты небольших масс, обращающиеся вокруг Солнца и слишком маленькие для того, чтобы под действием сил собственной гравитации поддерживать сферическую фор-

му, называют малыми телами Солнечной системы. К ним относят большинство астероидов, кометы, кентавры (ледяные кометоподобные объекты, движущиеся между орбитами Юпитера и Нептуна), метеороиды (тела размером от 0,1 мм до 10 м), а также межпланетную пыль, частицы солнечного ветра (потока плазмы от Солнца) и свободные атомы водорода.

Спутниками называют тела, обращающиеся вокруг планеты, карликовой планеты или астероида. Большинство спутников планет обращается вокруг них в ту же сторону, что и планеты вокруг Солнца. У планет на сегодняшний день известно 168 естественных спутников, а у карликовых планет их шесть (три у Плутона, два у Хаумеа и одна у Эриды).

РАЗНОВЕЛИКИЕ СОСЕДИ

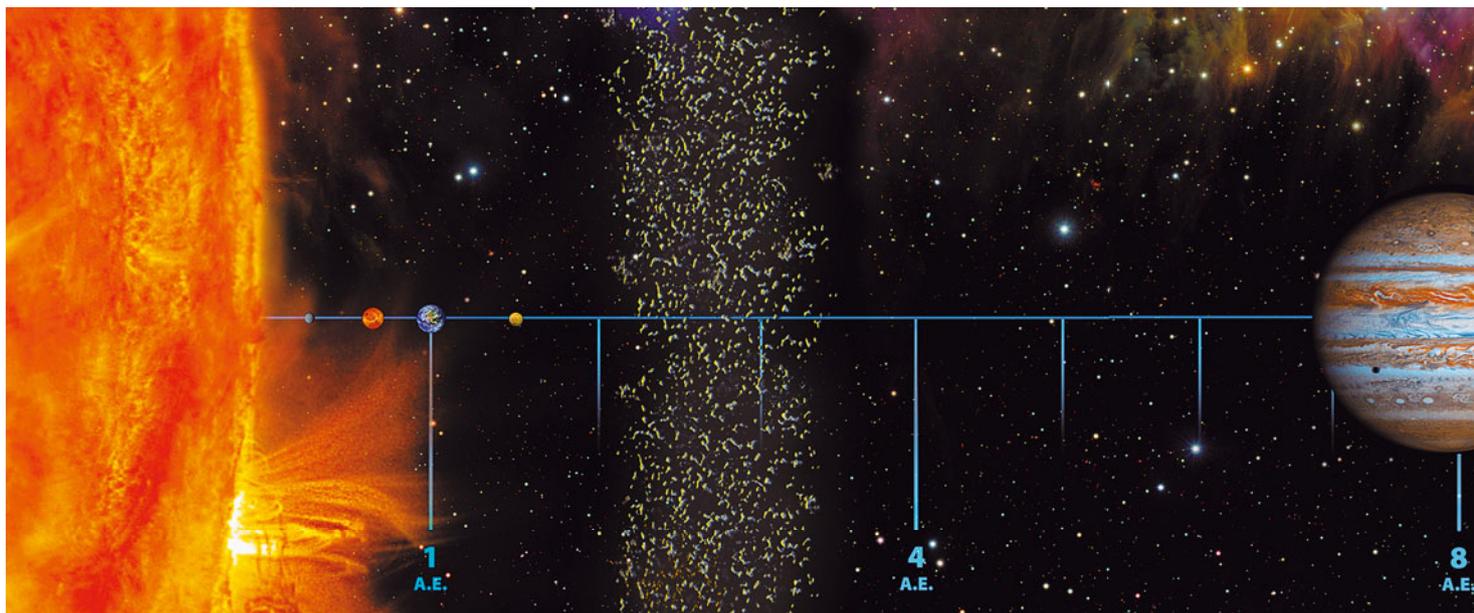
Солнце — центральный объект Солнечной системы, которую условно делят на две области — внутреннюю и внешнюю. Во внутренней области расположены ближайšie к Солнцу планеты Меркурий, Венера, Земля и Марс, которые называют планетами зем-

ной группы. Они обладают высокой плотностью и образованы преимущественно тяжёлыми элементами, такими как кислород, кремний, железо, никель и др. Все планеты земной группы имеют железное ядро, мантию, состоящую из силикатов, и кору, образовавшуюся в результате вы-



Планеты земной группы, слева направо: Меркурий, Венера, Земля, Марс

Планеты Солнечной системы и их положение относительно Солнца





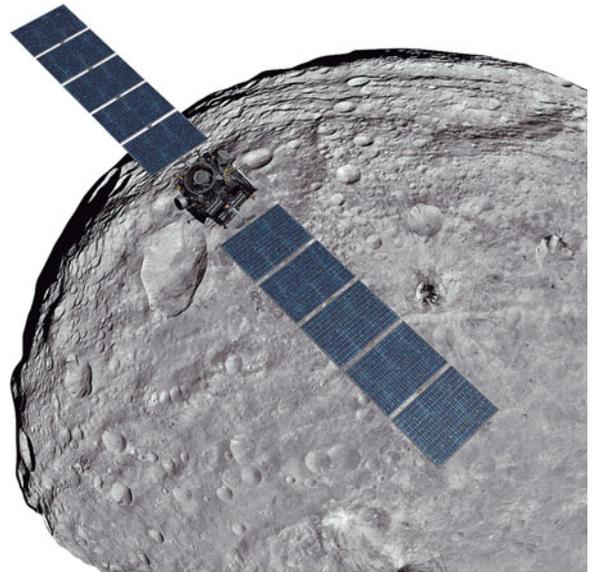
плавления из мантии лёгких элементов. У планет земной группы мало спутников (от 0 до 2), нет колец и есть атмосфера — газовая оболочка, которая удерживается гравитацией планеты и вращается вместе с ней как единое целое.

Говоря о Солнечной системе, мы будем использовать понятия астрономической единицы (1 а.е. = 149597870,610 км) — среднего расстояния от Земли до Солнца и эклиптики — плоскости, в которой расположена орбита Земли.

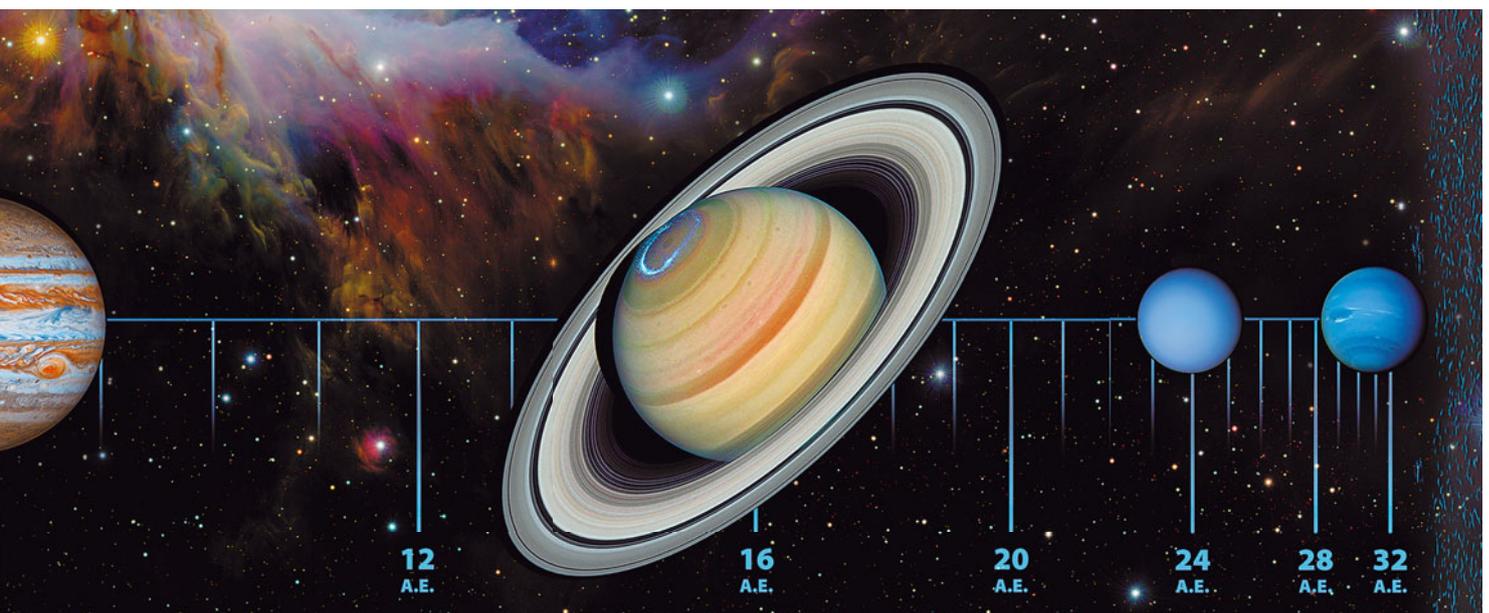
ПОЯС АСТЕРОИДОВ

Во внутренней области Солнечной системы, между 2,3 и 3,3 а.е. от Солнца, расположен Главный пояс астероидов — большая концентрация астероидов в сравнительно узком пространстве межпланетной среды между орбитами Марса и Юпитера. Скорее всего, пояс астероидов — это несформировавшаяся планета, образованию которой помешало гравитационное влияние Юпитера и (в меньшей степени) других планет-гигантов.

За Главным поясом астероидов начинается внешняя область Солнечной системы. Там царствуют планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, на которые приходится 99% всей массы вещества, обращающегося вокруг Солнца. Они заметно отличаются от планет земной группы по составу и физическим условиям. Эти планеты гораздо больше и массивнее, они менее плотные и состоят из лёгких элементов (преимущественно водорода и гелия),



Космический аппарат «Dawn» на орбите астероида Веста





Снимок участка поверхности Меркурия, полученный АМС «Мессенджер» 14 января 2008 г.

лагаются рассеянный диск — удалённый регион Солнечной системы, слабо заселённый малыми телами. Объекты рассеянного диска имеют сильно вытянутые, наклонённые к эклиптике и даже перпендикулярные ей орбиты, которые могут простираются до 150 а.е. от Солнца. Предположительно в рассеянном диске формируются короткопериодические кометы.

Многие косвенные факторы указывают на то, что за рассеянным диском находится сферическая область Солнечной системы, из которой к нам прилетают долгопериодические кометы. Инструментально существование этой области, которую называют облаком Оорта, не подтверждено, поэтому оценки её размеров очень приблизительны: от 2000–5000 а.е. до 50000 или даже 100000 а.е. Считается, что облако Оорта является остатком исходного протопланетного диска. На расстоянии около 120 а.е. от Солнца (в четыре раза дальше Плутона) расположена гелиопауза — область, в которой солнечный ветер смешивается с межзвёздным веществом; она считается началом межзвёздной среды. Но гравитационное влияние Солнца простирается гораздо дальше. Оно преобладает над гравитацией соседних звёзд на расстояниях порядка 125000 а.е.

Большая часть Солнечной системы до сих пор не исследована. Предполагается, что до 2020 г. космические аппараты «Вояджер» пересекут гелиопаузу и мы сможем расширить свои знания о внешних областях Солнечной системы и свои представления о межзвёздной среде.

Судя по оценкам, в поясе Койпера около 450000 объектов диаметром более 50 км, в поясе астероидов — порядка 400000 небесных тел, а в облаке Оорта содержатся несколько триллионов ядер комет, размеры которых превышают 1,3 км.

имеют мощные атмосферы, множество спутников (от 13 до 63) и системы колец из пыли и льда. Самое крупное из колец у Сатурна — его легко можно увидеть с Земли.

За орбитой Нептуна, на расстоянии порядка 35–50 а.е. от Солнца, расположен пояс Койпера (или Эджворта–Койпера) — большое скопление малых тел. Он превышает пояс астероидов в 20 раз по протяжённости и в 20–200 раз по массе, его объекты движутся приблизительно в плоскости орбит планет. Возможно, это остаток протопланетной туманности, из которой образовалась Солнечная система.

За поясом Койпера, частично перекрываясь с ним, распо-



МЕРКУРИЙ

Ближайшая к Солнцу планета земной группы, Меркурий, — самая маленькая из восьми больших планет Солнечной системы и самая быстрая планета в Солнечной системе. Он движется по орбите вокруг Солнца со средней скоростью около 48 км/с. Из-за того что орбита Меркурия сильно вытянута, разность расстояний в самой близкой и далёкой от Солнца точках равна 23,8 млн км. Из-за близости к Солнцу Меркурий получает на квадратный метр поверхности в среднем в 6,7 раза больше солнечного света, чем Земля. Естественных спутников у планеты нет.

За один оборот вокруг Солнца Меркурий успевает совершить 1,5 оборота вокруг своей оси, и поэтому на поверхности планеты существует два меридиана, которые попеременно обращены к Солнцу во время прохождения перигелия — ближайшей к светилу точки орбиты планеты. На этих «горячих долготах» даже по меркам Меркурия весьма жарко: температура в экваториальных областях достигает 427 °С.

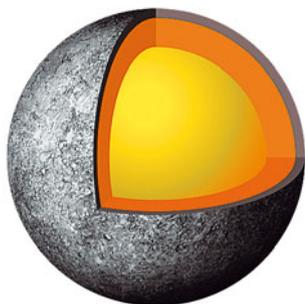
Скорость вращения планеты вокруг своей оси приблизительно постоянна, а скорость орбитального движения заметно меняется из-за сильной вытянутости орбиты. В результате при прохождении планетой перигелия в течение примерно восьми суток скорость орбитального движения превышает скорость вращения планеты вокруг своей оси и Солнце в меркурианском небе сначала останавливается, а потом начинает двигаться в обратном направлении — с запада на восток.



Меркурий

МЕРКУРИЙ – САМАЯ МАЛЕНЬКАЯ ИЗ ВОСЬМИ БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И САМАЯ БЫСТРАЯ ПЛАНЕТА В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ.

Современные радарные исследования приполярных областей планеты показали наличие вещества, сильно отражающего радиоволны. Это может быть водяной лёд, ведь молекулы воды попадают в атмосферу Меркурия при ударах комет. Солнце поочерёдно освещает оба полушария планеты, но в глубокие долины вблизи полюсов его лучи не



Внутреннее строение Меркурия

КОРА
МАНТИЯ ИЗ СИЛИКАТОВ
ЯДРО ИЗ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ (ВОЗМОЖНО, ЖИДКОЕ)

проникают никогда, и в этих тёмных холодных зонах могут существовать ледники толщиной до двух метров.

В 2008 г. американские астрономы сообщили об открытии у Меркурия «хвоста» длиной более 2,5 млн км. Он состоит из атомов натрия, кальция и магния, выбитых с поверхности планеты в результате столкновения

с тяжёлыми частицами солнечного ветра и метеороидами.

Одной из особенностей Меркурия является очень разреженная атмосфера, состоящая из атомов гелия, водорода, аргона, неона и др. Она образовалась из захваченных планетой частиц солнечного ветра, а также из частиц, которые были выбиты солнечным ветром с её поверхности. В среднем каждый атом гелия находится в атмосфере Меркурия порядка 200 дней, а затем покидает планету. Отсутствие плотной атмосферы в сочетании с близостью к Солнцу и достаточно медленным вращением приводит к самым резким в Солнечной системе перепадам температур. Средняя температура дневной поверхности Меркурия столь высока (350 °С), что на ней могли бы образоваться свинцовые реки (температура плавления свинца 327 °С), в то время как средняя температура ночной поверхности планеты опускается до значений –170 °С.

Форма Меркурия близка к сферической. Эта необычная «железная» планета с гигантским железоникелевым ядром, предположительно жидким, обладает магнитным полем, происхождение которого пока не имеет однозначного объяснения. Его форма симметрична и похожа на форму магнитного поля Земли, но напряжённость в 300 раз меньше земного.

Большую часть времени Меркурий расположен к Земле ближе, чем Венера и Марс. В первое десятилетие XXI в. наземные и космические наблюдения планеты позволили учёным сделать много интересных открытий. Но, несмотря на это, Меркурий на сегодняшний день всё ещё остаётся наименее изученной планетой земной группы.

ВЕНЕРА

Только две из восьми больших планет Солнечной системы носят женские имена — это Земля и Венера. Отличительным признаком Венеры на звёздном небе является её ровный белый цвет, причём из всех небесных светил ярче Венеры сияют только Луна и Солнце. Своей высокой яркостью планета обязана окружающим её плотным облакам, которые прекрасно отражают солнечный свет.

Венера, как и Меркурий, относится к внутренним планетам, так как её орбита расположена к Солнцу ближе, чем орбита Земли, естественных спутников у неё нет. Она движется практически по круговой орбите в ту же сторону, что и другие планеты, причём