

РАЗДЕЛ 3. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Тема 3.1 Состав и строение Солнца

1. *Строение Солнца*
2. *Солнечная активность*
3. *Звёзды и межзвёздные расстояния. Звёздный параллакс*

Солнце — центральное тело Солнечной системы — является типичным представителем звезд наиболее распространенных во Вселенной. Масса Солнца составляет 2×10^{30} кг.

Как и многие другие звезды, Солнце представляет собой огромный шар, который состоит из водородно-гелиевой плазмы.

Солнце излучает в космическое пространство колоссальный поток излучения. Земля получает всего лишь $\frac{1}{2} 000\,000\,000$ долю солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение все процессы в земной атмосфере, управлять погодой и климатом на земном шаре.

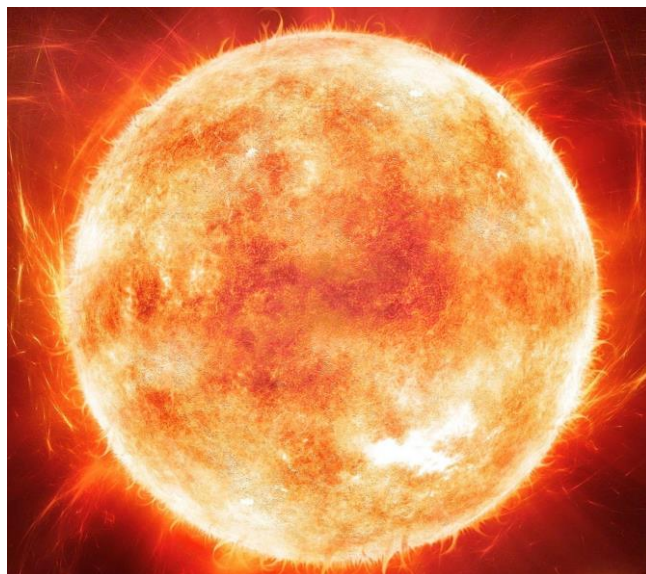
Все источники энергии, которые использует человечество, связаны с Солнцем. Тепло и свет Солнца обеспечили развитие жизни на Земле, формирование месторождений угля, нефти и газа.

Количество приходящей от Солнца на Землю энергии принято характеризовать *солнечной постоянной*.

Солнечная постоянная - поток солнечного излучения, который приходит на поверхность площадью 1 м^2 расположенную за пределами атмосферы перпендикулярно солнечным лучам на среднем расстоянии Земли от Солнца (1 а. е.).

Солнечная постоянная равна $1,37 \text{ кВт/м}^2$. Умножив эту величину на площадь поверхности шара, радиус которого 1 а. е., определим полную мощность излучения Солнца, его светимость, которая составляет $4 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

Температура поверхности Солнца 6000 К ($5\,726^\circ \text{ С}$). Очевидно, что такая температура может поддерживаться лишь за счет постоянного притока энергии из недр Солнца, в недрах которого вот уже 5 млрд лет протекает термоядерная реакция, в ходе которой водород превращается в гелий. Реакция сопровождается выделением энергии.



Современные данные о химическом составе Солнца таковы:

- водород около 70%
- гелий— более 28%
- прочие элементы — менее 2%

Вещество Солнца сильно ионизовано: атомы, потерявшие электроны своих внешних оболочек и ставшие ионами, вместе со свободными электронами образуют плазму. Средняя плотность солнечного вещества соизмерима с плотностью воды.

Солнце находится в состоянии статического равновесия, Сила тяжести постоянно стремится сжать Солнце, а силы внутреннего давления (термоядерные) противостоят этому. Величина давления равно примерно в 1 млрд раз превосходит земное атмосферное давление.

Внутреннее строение Солнца:

- **ядро** — здесь при высоком давлении и температуре происходят термоядерные реакции
- **лучистая зона** - где энергия передается наружу от слоя к слою в результате последовательного поглощения и излучения квантов
- **конвективная зона** - где энергия переносится в результате перемешивания (конвекции).

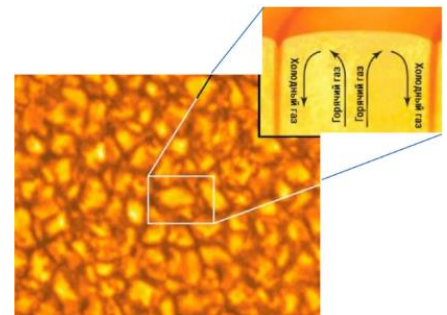


Атмосфера Солнца:

- **фотосфера** — поверхность Солнца. Фотосфера состоит из отдельных зерен — гранул, размером до 1000 километров. Гранула — это поток горячего газа, поднимающийся вверх. В темных промежутках между гранулами находится более холодный газ, опускающийся вниз.

Каждая гранула существует всего 5—10 мин, затем на ее месте появляется новая, которая отличается от прежней по форме и размерам.

- **хромосфера** — красновато-фиолетовое кольцо хромосферы можно видеть в те моменты, когда диск Солнца закрыт Луной во время полного солнечного затмения. В хромосфере вещество имеет тем-



АСТРОНОМИЯ

краткий конспект лекций
ФГБУ ПОО «БГУОР»

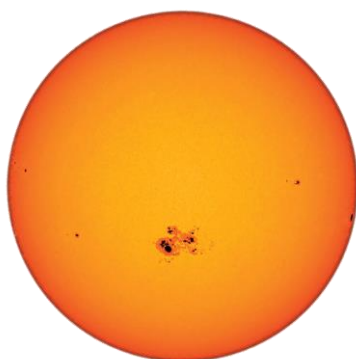
пературу в 2—3 раза выше, чем в фотосфере. Здесь, как и внутри Солнца, оно представляет собой плазму, только меньшей плотности. Толщина хромосферы 10—15 тыс. км.

- **солнечная корона** — простирающаяся на миллионы километров область, где температура возрастает до 150 000 000°C (!). Корону Солнца можно наблюдать во время полных солнечных затмений.



Потоки плазмы из короны («солнечный ветер») разлетаются по всей Солнечной системе. Скорость этих потоков в окрестностях Земли может достигать 1000 км/с.

Солнечная активность



В атмосфере Солнца наблюдаются многообразные проявления солнечной активности, характер протекания которых определяется поведением солнечной плазмы в магнитном поле — *пятна, вспышки, протуберанцы, корональные выбросы*.

Наиболее известными из них являются **солнечные пятна**, открытые еще в XVII в. По изменению положения пятен на диске Солнца было обнаружено, что оно вращается. Время полного оборота вокруг оси 25-30 суток (на экваторе и на полюсах).

Пятна появляются там, где магнитное поле усиливается в несколько тысяч раз по сравнению с общим фоном. Вблизи пятен, где магнитное поле слабее, появляются хорошо заметные яркие образования — факелы.

Наиболее крупными по своим масштабам проявлениями солнечной активности являются наблюдаемые в солнечной короне **протуберанцы** — огромные по объему облака газа, масса которых может достигать миллиардов тонн. Отдельные части протуберанцев быстро устремляются вверх со скоростями нескольких сотен километров в секунду и поднимаются на огромную высоту (до 1 млн км).

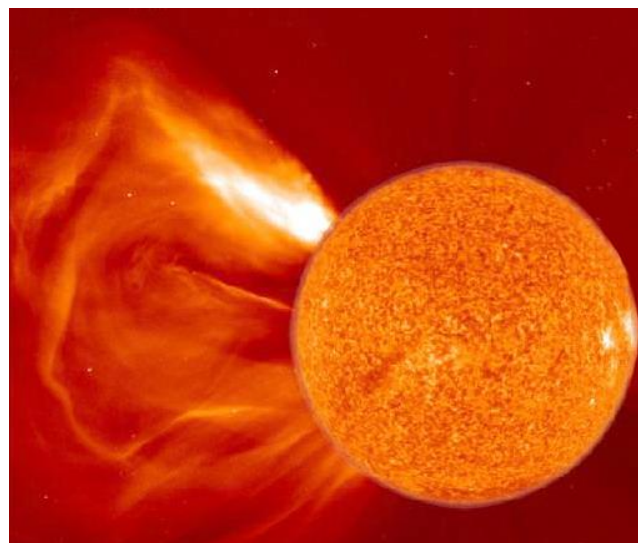


Самыми мощными проявлениями солнечной активности являются **вспышки**, в процессе которых за несколько минут иногда выделяется энергия до миллиарда атомных бомб.

Продолжительность вспышек обычно около часа. По своей сути вспышка — это взрыв, вызванный внезапным сжатием солнечной плазмы.

Потоки плазмы через сутки достигают Земли. Взаимодействие такого облака с магнитосферой Земли вызывает **магнитную бурю**. Магнитные бури вызывают нарушения радиосигналов, влияет на прохождение тока в линиях электропередач.

Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек (т.е. активность Солнца) происходит с периодичностью в 11 лет.



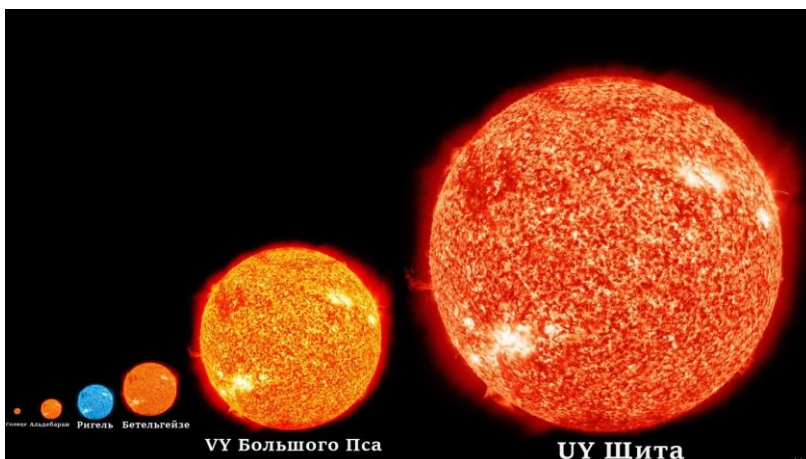
Звезды и межзвездные расстояния

Солнце справедливо называют типичной звездой, но среди огромного многообразия звезд есть немало таких, которые значительно отличаются от него по физическим характеристикам. Поэтому более полное представление о звездах дает такое определение:



Звезда — это пространственно обособленный гравитационно связанный непрозрачный для излучения космический объект, в котором в значительных масштабах происходят термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

Солнце существует уже несколько миллиардов лет и мало изменилось за это время, поскольку в его недрах все еще происходят тер-



моядерные реакции, в результате которых из четырех протонов (ядер водорода) образуется альфа-частица (ядро гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов).

Более массивные звезды расходуют за-

пасы водорода значительно быстрее (за десятки миллионов лет). После того как водород израсходован, начинаются реакции между ядрами гелия с образованием устойчивого изотопа углерод-12 и другие реакции, продуктами которых являются кислород и тяжелые элементы (натрий, сера, магний и т. д.). Таким образом, в недрах звезд образуются ядра многих химических элементов, вплоть до железа.

У наиболее массивных звезд прекращение всех возможных термоядерных реакций сопровождается мощным взрывом, который наблюдается как вспышка сверхновой звезды.

Все элементы, которые входят в состав нашей планеты и всего живого на ней, образовались в результате термоядерных реакций, происходивших в звездах, поэтому звезды не только самые распространенные во Вселенной объекты, но и самые важные для понимания происходящих в ней явлений и процессов.

Именно термоядерные реакции являются характерной отличительной особенностью звезд от планет. Поэтому современное определение планеты формулируется так:



***Планета** — это космический объект, в котором за все время его существования не происходят никакие реакции термоядерного синтеза.*

Годичный параллакс

Только в середине XIX в., когда телескопы были оборудованы приспособлениями для точных угловых измерений, удаюсь измерить параллактическое смещение у звезд.

Годичным параллаксом звезды называют угол (p), под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. е.), перпендикулярную направлению на звезду.

Расстояние до звезды:

$$D = \alpha / \sin p$$

где α — большая полуось земной орбиты.

Заменив синус угла величиной самого угла, выраженной в радианной мере, и приняв $\alpha = 1$ а. е., получим следующую формулу для вычисления расстояния до звезды в астрономических единицах:

$$D = 206\,265'' / p$$

Расстояние до ближайшей звезды (α Центавра), параллакс которой $p = 0,75''$ составляет:

$$D = 206\,265'' / 0,75'' = 270\,000 \text{ а. е.}$$

Поскольку такие огромные расстояния неудобно обозначать длинными цифрами, были введены единицы измерения космических расстояний – парсек (пк) и световой год (сг).



Парсек — это такое расстояние, на котором параллакс звезд равен $1''$.

Световой год — это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью $300\,000 \text{ км/с}$, проходит за год (например, от α Центавра свет идет свыше 4 лет, от Солнца - 8 минут, а от Луны - 1 секунду).

$$1 \text{ пак} = 3,26 \text{ сг}$$

Звезды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости (светимости). Светимостью называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени. Она выражается в единицах светимости Солнца.

Вопросы для закрепления

1. *Что такое Солнце, как звезда?*
2. *Что такое «солнечная постоянная» и какое значение она имеет для жизни на Земле?*
3. *Назовите химический состав Солнца.*
4. *Назовите структуры Солнца. Дайте характеристику каждой их структур.*
5. *Расскажите, в каких явлениях проявляется солнечная активность*
6. *Что вы можете сказать о разнообразии звезд во Вселенной?*
7. *Каковы расстояния между звездами и как они измеряются? Что такое годичный параллакс звезды?*
8. *Что такое парсек и чему он равен?*
9. *Что такое световой год?*
10. *Что такое светимость звезды?*