Звезда по имени Солнце.

I. Солнце
II. История изучения
III. Вращение **Солнца**
IV. **Солнце** как звезда
V.1 Внутреннее строение **Солнца**
V.2. Энергия **Солнца**
VI. Спектральный состав солнечного света
VII. Магнитные поля на **Солнце**
VIII. Атмосфера **Солнца**
1. Фотосфера
2. Солнечные пятна
3. Солнечные факелы
4. Хромосфера
5. Протуберанцы
6. Солнечная корона
7. Активные области **Солнца**
IX. Периоды солнечной активности
X. Наблюдения за **Солнцем** сегодня
XI. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ
XI. Одиноки ли в Галактике

I. Солнце

- **Солнце**, центральное тело солнечной системы, представляет собой раскалённый плазменный шар. Оно возникло пять миллиардов лет назад в результате сжатия космического газа.
- **Солнце** - ближайшая к Земле звезда. Масса Солнца $1{,}990 \times 10^{30}$кг (в 332958 раз больше массы Земли). В Солнце сосредоточено 99,866% массы Солнечной системы. Солнечный параллакс равен 8,794" (4,263x10-5 радиан). Расстояние от Земли до Солнца меняется от $1{,}4710 \times 10^{11}$ м (в январе) до $1{,}5210 \times 10^{11}$ (в июле), составляя в среднем $1{,}4960 \times 10^{11}$ м.

Это расстояние принято считать одной астрономической единицей. Средний угловой диаметр Солнца составляет 1919,26" ($9{,}305 \times 10^{-3}$ рад), чему соответствует линейный диаметр Солнца, равный 1,392x109м (в 109 раз больше диаметра экватора Земли). Средняя плотность Солнца 1,41x103кг/м^3. Ускорение свободного падения на поверхности Солнца составляет 273,98 м/с^2. Вторая космическая скорость на поверхности Солнца равна 6,18x105 м/с. Эффективная температура поверхности Солнца, определяемая согласно закону излучения Стефана-Больцмана, по полному излучению Солнца равна 5770 К.

II. История изучения

- II. История изучения

История телескопических наблюдений Солнца начинается с наблюдений, выполненных Г. Галилеем в 1611 году; были открыты солнечные пятна, определён период вращения Солнца вокруг своей оси.

В 1843 году немецкий астроном Г.Швабе обнаружил цикличность солнечной активности. Развитие методов спектрального анализа позволило изучить физические условия на Солнце.

В 1814 году Й. Фраунгофер обнаружил тёмные линии поглощения в спектре Солнца - это положило начало изучению химического состава Солнца.

С 1836 года регулярно ведутся наблюдения затмений Солнца, что привело к обнаружению короны и хромосферы Солнца, а также солнечный протуберанцев.

К 1942 году шведский астроном Б. Эдлен и другие отождествили несколько линий спектра солнечной короны с линиями высоко ионизированных элементов, доказав этим высокую температуру в солнечной короне.

II. История изучения

В 1931 году Б. Лио изобрёл солнечный коронограф, позволивший наблюдать корону и хромосферу вне затмений. В начале 40-х годов XX века было открыто радиоизлучение Солнца. Существенным толчком для развития физики Солнца во второй половине XX века послужило развитие магнитной гидродинамики и физики плазмы. После начала космической эры изучение ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца ведётся методами внеатмосферной астрономии с помощью ракет, автоматических орбитальных обсерваторий на спутниках Земли, космических лабораторий с людьми на борту.

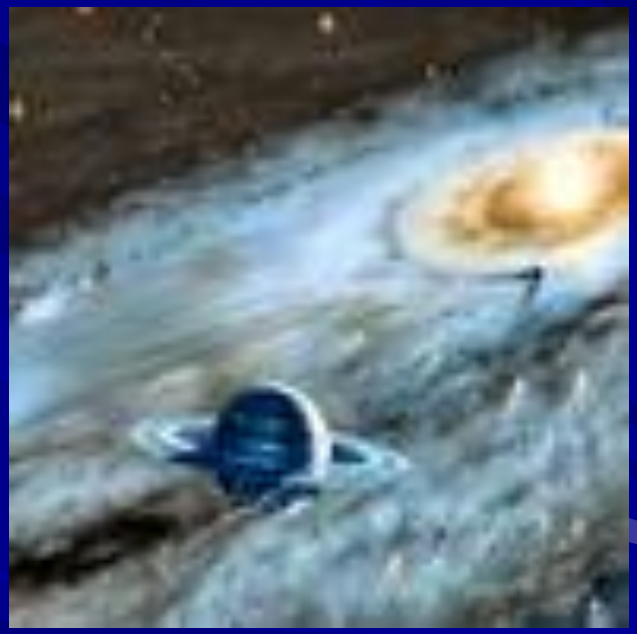
Запущенная в 1973 году космическая станция "Скайлэб" служила несколько лет центром подобных исследований. Она была оснащена многими приборами для изучения внешних слоёв Солнца, его ультрафиолетового и рентгеновского излучений, а также солнечного ветра.

II. История изучения

Пока "Скайлэб" находился на околоземной орбите, германо-американские зонды "Гелиос" довольно близко подходили к раскаленной поверхности дневной звезды. "Гелиос" довольно близко подходили к раскаленной поверхности дневной звезды. "Гелиос-1" и " Гелиос-2" были не спутниками Земли, а маленькими планетами, которые приближались к Солнцу на 46-43 млн. км. Это меньше трети расстояния между Землей и Солнцем. Не смотря на чудовищное излучение Солнца на таком небольшом расстоянии, на зондах поддерживалась температура 20 градусов Цельсия. Полученные данные были во многом новыми и неожиданными. Особенно интересным оказалось то, что пространственная плотность в мелких метеоритах в близи Солнца в 15 раз выше, чем около Земли. Зонд "Солнечный максимум" был спутником Земли и исследовал внешние слои Солнца и его невидимое излучение. Было установлено, что полное излучение Солнца за полтора года наблюдений изменялось только на 0,01%.

III. Вращение **Солнца**

Вращение Солнца вокруг оси происходит в том же направлении, что и вращение Земли. Скорость вращения определяется по видимому движению различных деталей в атмосфере Солнца и по сдвигу спектральных линий в спектре края диска Солнца вследствие эффекта Доплера. Таким образом, было обнаружено, что период вращения Солнца неодинаков на разных широтах. Положение различных деталей на поверхности Солнца определяется с помощью гелиографических координат, отсчитываемых от солнечного экватора (гелиографическая широта) и от центрального меридиана видимого диска Солнца или от некоторого меридиана, выбранного в качестве начального (так называемого меридиана Каррингтона). При этом считают, что Солнце вращается как твёрдое тело. Один оборот относительно Земли точки с гелиографической широтой 17 совершают за 27,275 суток (синодический период). Время оборота на той же широте Солнца относительно звёзд (сидерический период) - 25,38 суток. Линейная скорость вращения на экваторе Солнца - около 2000 м/с.



IV. **Солнце** как звезда

Солнце как звезда является типичным жёлтым карликом и располагается в средней части главной последовательности звёзд на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Спектральный класс Солнца G2V. Скорость движения относительно совокупности ближайших звёзд 19,7х103 м/с. Солнце расположено внутри одной из спиральных ветвей нашей Галактики на расстоянии около 10 кпс от её центра. Период обращения Солнца вокруг центра Галактики около 200 миллионов лет. Возраст Солнца - около $5x10^9$ лет.

V. Внутреннее строение **Солнца**

Внутреннее строение Солнца определено в предположении, что оно является сферически симметричным телом и находится в равновесии. Уравнение переноса энергии, закон сохранения энергии, уравнение состояния идеального газа, закон Стефана-Больцмана и условия гидростатического, лучистого и конвекционного равновесия вместе с определяемыми из наблюдений значениями полной светимости, полной массы и радиуса Солнца и данным о его химическом составе дают возможность построить модель внутреннего строения Солнца. Полагают, что содержание водорода в Солнце по массе около 70%, гелия около 27%, содержание всех остальных элементов около 2,5%. На основании этих предположений вычислено, что температура в центре Солнца составляет 10-15х10^6 К, плотность около 1,5х10^5 кг/м^3, давление3,4х10^{16} н/м^2

(около 3х10^{11} атмосфер).

V. Энергия **Солнца**

Считается, что источником энергии, пополняющим потери на излучение и поддерживающим высокую температуру Солнца, являются ядерные реакции, происходящие в недрах Солнца.

Выделение энергии определяется ядерными реакциями, при которых водород превращается в гелий. На Солнце возможны две группы термоядерных реакций: так называемый протон - протонный (водородный) цикл и углеродный цикл.

Наиболее вероятно, что на Солнце преобладает протон протонный цикл, состоящий из трёх реакций, в первой из которых из ядер водорода образуются ядра дейтерия (тяжёлый изотоп водорода, атомная масса 2); во второй из ядер водорода образуются ядра изотопа гелия с атомной массой 3 и, наконец, в третьей из них образуются ядра устойчивого изотопа гелия с атомной массой 4.

V. Энергия **Солнца**

Перенос энергии из внутренних слоёв Солнца в основном происходит путём поглощения электромагнитного излучения, приходящего снизу, и последующего переизлучения. В результате понижения температуры при удалении от Солнца постепенно увеличивается длина волны излучения, переносящего большую часть энергии в верхние слои. Перенос энергии движением горячего вещества из внутренних слоёв, а охлаждённого внутрь (конвекция) играет существенную роль в сравнительно более высоких слоях, образующих конвективную зону Солнца, которая начинается на глубине порядка 0,2 солнечных радиуса и имеет толщину около 108 м. Скорость конвективных движений растёт с удалением от центра Солнца. В ещё более высоких слоях (в атмосфере Солнца) перенос энергии опять осуществляется излучением. В верхних слоях атмосферы Солнца (в хромосфере и короне) часть энергии доставляется механическими и магнитогидродинамическими волнами, которые генерируются в конвективной зоне, но поглощаются только в этих слоях. Наконец, в верхней части солнечной короны большую часть энергии уносят потоки вещества, движущиеся от Солнца, так называемый солнечный ветер. Температура в каждом слое устанавливается на таком уровне, что автоматически осуществляется баланс энергии: количество приносимой энергии за счёт поглощения всех видов излучения, теплопроводностью или движением вещества равно сумме всех энергетических потерь слоя.

V. Энергия **Солнца**

Полное излучение Солнца определяется по освещённости, создаваемой им на поверхности Земли, - около 100 тыс. лк, когда Солнце находится в зените. Вне атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца освещённость равна 127 тыс. лк. Сила света Солнца составляет $2{,}84 \times 10^{16}$ свечей. Количество энергии, приходящее в одну минуту на площадку в 1 $см^2$, поставленную перпендикулярно солнечным лучам за пределами атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца, называют солнечной постоянной. Мощность общего излучения Солнца - $3{,}83 \times 10^{26}$ ватт, из которых на Землю попадает около 2×10^{17} ватт. Яркость диска Солнца уменьшается от центра к краю, причём это уменьшение зависит от длины волны, так что яркость на краю диска Солнца для света с длиной волна 3600А составляет 0,2 яркости его центра, а для 5000А - около 0,3 яркости центра диска Солнца. На самом краю диска Солнца яркость падает в 100 раз на протяжении менее одной секунды дуги, поэтому граница диска Солнца выглядит очень резкой.

VI. Спектральный состав солнечного света

Спектральный состав света, излучаемого Солнцем, то есть распределение энергии в центре Солнца (после учёта влияния поглощения в земной атмосфере и влияния фраунгоферовых линий), в общих чертах соответствует распределению энергии в излучении абсолютно чёрного тела с температурой около 6000 К. Однако в отдельных участках спектра имеются заметные отклонения. Максимум энергии в спектре Солнца соответствует длине волны 4600 А. Спектр Солнца - это непрерывный спектр, на который наложено более 20 тысяч линий поглощения (фраунгоферовых линий). Более 60% из них отождествлено со спектральными линиями известных химических элементов путём сравнения длин волн и относительной интенсивности линии поглощения в солнечном спектре с лабораторными спектрами. Изучение фраунгоферовых линий даёт сведения не только о химическом составе атмосферы Солнца, но и о физических условиях в тех слоях, в которых образуются те или иные поглощения. Преобладающим элементом на Солнце является водород. Количество атомов гелия в 4-5 раз меньше, чем водорода. Число атомов всех других элементов вместе взятых, по крайней мере, в 1000 раз меньше числа атомов водорода. Среди них наиболее обильны кислород, углерод, азот, магний, железо и другие. В спектре Солнца можно отождествить также линии, принадлежащие некоторым молекулам и свободным радикалам: OH, NH, CH, CO и другим.

VII. Магнитные поля на **Солнце**

Общее магнитное поле Солнца невелико и достигает напряжённости в 1 э той или иной полярности и меняется со временем. Это поле тесно связано с межпланетным магнитным полем и его секторной структурой.

Структура магнитных полей в активных областях очень запутана, чередуются магнитные полюсы различной полярности.

Магнитные поля проникают и в хромосферу,

и в солнечную корону. Большую роль на Солнце

играют магнитогазодинамические и плазменные

процессы. При температуре 5000 - 10000 К газ

достаточно ионизирован, проводимость его велика

и благодаря огромным масштабам солнечных

явлений значение электромеханических и магнитомеханических взаимодействий весьма велико.

VIII. Атмосфера **Солнца.** 1. Фотосфера

Почти всё излучение Солнца исходит из нижней части его атмосферы, называемой фотосферой. На основании уравнений лучистого переноса энергии, лучистого и локального термодинамического равновесия и наблюдаемого потока излучения можно теоретически построить модель распределения температуры и плотности с глубиной в фотосфере. Толщина фотосферы около трёхсот километров, её средняя плотность $3x10^4$ кг/м^3. Температура в фотосфере падает по мере перехода к более внешним слоям, среднее её значение порядка 6000 К, на границе фотосферы около 4200 К. Давление меняется от $2x10^4$ до 10^2 н/м^2. Существование конвекции в под фотосферной зоне Солнца проявляется в неравномерной яркости фотосферы, видимой её зернистости - так называемой грануляционной структуре. Гранулы представляют собой яркие пятнышки более или менее круглой формы. Размер гранул 150 - 1000 км, время жизни 5 - 10 минут, отдельные гранулы удаётся

1. Фотосфера

наблюдать в течении 20 минут. Иногда гранулы образуют скопления размером до 30 тысяч километров. Гранулы ярче межгранульных промежутков на 20-30%, что соответствует разнице в температуре в среднем на 300 К. В отличие от других образований, на поверхности Солнца грануляция одинакова на всех гелиографических широтах и не зависит от солнечной активности. Скорости хаотических движений (турбулентные скорости) в фотосфере составляют по различным определениям 1-3 км/с. В фотосфере обнаружены квазипериодические колебательные движения в радиальном направлении. Они происходят на площадках размерами 2-3 тысячи километров с периодом около пяти минут и амплитудой скорости порядка 500 м/с. После нескольких периодов колебания в данном месте затухают, затем могут возникнуть снова. Наблюдения показали также существование ячеек, в которых движение происходит в горизонтальном направлении от центра ячейки к её границам. Скорости таких движений около 500 м/с. Размеры ячеек - супергранул составляют 30-40 тысяч километров. По положению супергранулы совпадают с ячейками хромосферной сетки. На границах супергранул магнитное поле усилено. Предполагают, что супергранулы отражают на глубине нескольких тысяч километров под поверхностью конвективных ячеек такого же размера. Первоначально предполагалось, что фотосфера даёт только непрерывное излучение, а линии поглощения образуются в расположенном над ней обращающем слое. Позже было установлено, что в фотосфере образуются и спектральные линии, и непрерывный спектр. Однако для упрощения математических выкладок при расчете спектральных линий понятие обращающего слоя иногда применяется.

Часто в фотосфере наблюдаются солнечные пятна и факелы.

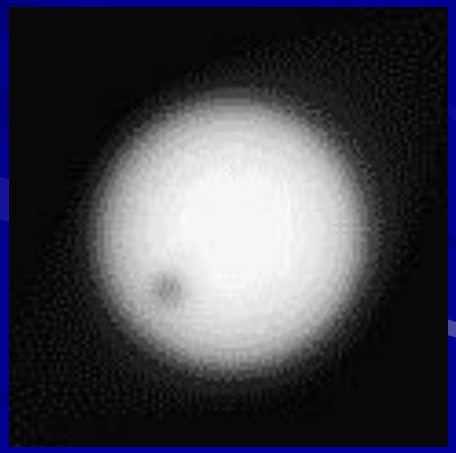
2. Солнечные пятна

Солнечный пятна - это тёмные образования, состоящие, как правило, из более тёмного ядра (тени) и окружающей его полутени. Диаметры пятен достигают двухсот тысяч километров. Иногда пятно бывает окружено светлой каёмкой. Совсем маленькие пятна называют порами. Время жизни пятен от нескольких часов до нескольких месяцев. В спектре пятен ещё больше линий и полос поглощения, чем в спектре фотосферы, он напоминает спектр звезды спектрального класса КО. Смещения линий в спектре пятен из-за эффекта Доплера указывает на движение вещества в пятнах - вытекание на более низких уровнях и втекание на более высоких,

скорости движения достигают 3 тысячи м/с.

Из сравнений интенсивности линий и непрерывного спектра пятен и фотосферы следует, что пятна холоднее фотосферы на 1-2 тысячи градусов (4500 К и ниже). Вследствие этого на фоне

фотосферы пятна кажутся тёмными, яркость ядра



2. Солнечные пятна

составляет 0,2-0,5 яркости фотосферы, яркость полутени около 80% фотосферной. Все солнечные пятна обладают сильным магнитным полем, достигающим для крупных пятен напряжённости 5 тысяч эстердов. Обычно пятна образуют группы, которые по своему магнитному полю могут быть униполярными, биполярными и мультиполярными, то есть содержащими много пятен различной полярности, часто объединённых общей полутенью.

Группы пятен всегда окружены факелами и флоккулами, протуберанцами, вблизи них иногда происходят солнечные вспышки, и в солнечной короне над ними наблюдаются образования в виде лучей шлемов, опахал - всё это вместе образует активную область на Солнце. Среднегодовое число наблюдаемых пятен и активных областей, а также средняя площадь, занимаемая ими, меняется с периодом около 11 лет. Это - средняя величина, продолжительность же отдельных циклов солнечной активности колеблется от 7,5 до 16 лет. Наибольшее число пятен, одновременно видимых на поверхности Солнца, меняется для различных циклов более чем в два раза. В основном пятна встречаются в так называемых королевских зонах, простирающихся от 5 до 30 гелиографической широты по обе сторона солнечного экватора. В начале цикла солнечной активности широта места расположения пятен выше, а в конце цикла - ниже, а на более высоких широтах появляются пятна нового цикла. Чаще наблюдаются биполярные группы пятен, состоящие из двух крупных пятен - головного и последующего, имеющих противоположную магнитную полярность, и несколько более мелких. Головные пятна имеют одну и ту же полярность в течение всего цикла солнечной активности, эти полярности противоположны в северной и южной полусферах Солнца. По-видимому, пятна представляют собой углубления в фотосфере, а плотность вещества в них меньше плотности вещества в фотосфере на том же уровне.

3. Солнечные факелы

В активных областях Солнца наблюдаются факелы - яркие фотосферные образования, видимые в белом свете преимущественно вблизи края диска Солнца. Обычно факелы появляются раньше пятен и существуют некоторое время после их исчезновения. Площадь факельных площадок в несколько раз превышает площадь соответствующей группы пятен. Количество факелов на диске Солнца зависит от фазы цикла солнечной активности. Максимальный контраст (18%) факелы имеют вблизи края диска Солнца, но не на самом краю. В центре диска Солнца факелы практически не видны, контраст их очень мал. Факелы имеют сложную волокнистую структуру, контраст их зависит от длины волны, на которой проводятся наблюдения. Температура факелов на несколько сот градусов превышает температуру фотосферы, общее излучение с одного квадратного сантиметра превышает фотосферное на 3-5%. По-видимому, факелы несколько возвышаются над фотосферой. Средняя продолжительность их существования - 15 суток, но может достигать почти трёх месяцев.

4. Хромосфера

Выше фотосферы расположен слой атмосферы Солнца, называемый хромосферой. Без специальных телескопов хромосфера видна только во время полных солнечных затмений как розовое кольцо, окружающее тёмный диск в те минуты, когда Луна полностью закрывает фотосферу. Тогда можно наблюдать и спектр хромосферы. На краю диска Солнца хромосфера представляется наблюдателю как неровная полоска, из которой выступают отдельные зубчики - хромосферные спикулы. Диаметр спикул 200-2000 километров, высота порядка 10000 километров, скорость подъёма плазмы в спикулах до 30 км/с. Одновременно на Солнце существует до 250 тысяч спикул. При наблюдении в монохроматическом свете на диске Солнца видна яркая хромосферная сетка, состоящая из отдельных узелков - мелких диаметром до 1000 км и крупных диаметром от 2000 до 8000 км. Крупные узелки представляют собой скопления мелких. Размеры ячеек сетки 30-40 тысяч километров. Полагают, что спикулы образуются на границах ячеек хромосферной сетки.

4. Хромосфера

Плотность в хромосфере падает с увеличением расстояния от центра Солнца. Число атомов в одном куб. сантиметре изменяется от 10^{15} вблизи фотосферы до 10^{9} в верхней части хромосферы. Исследование спектров хромосферы привело к выводу, что в слое, где происходит переход от фотосферы к хромосфере, температура переходит через минимум и по мере увеличения высоты над основанием хромосферы становится равной 8-10 тысяч Кельвинов, а на высоте в несколько тысяч километров достигает 15-20 тысяч Кельвинов. Установлено, что в хромосфере имеет место хаотическое движение газовых масс со скоростями до 15×10^{3} м/с. В хромосфере факелы в активных областях видны как светлые образования, называемые обычно флоккулами. В красной линии спектра водорода хорошо видны тёмные образования, называемые волокнами.

5. Протуберанцы

На краю диска Солнца волокна выступают за диск и наблюдаются на фоне неба как яркие протуберанцы. Наиболее часто волокна и протуберанцы встречаются в четырёх расположенных симметрично относительно солнечного экватора зонах: полярных зонах севернее +40 и южнее -40 гелиографической широты и низкоширотных зонах около 30 в начале цикла солнечной активности и 17 в конце цикла. Волокна и протуберанцы низкоширотных зон показывают хорошо выраженный 11-летний цикл, их максимум совпадает с максимумом пятен. У высокоширотных протуберанцев зависимость от фаз цикла солнечной активности выражена меньше, максимум наступает через два года после максимума пятен. Волокна, являющиеся спокойными протуберанцами, могут достигать длины солнечного радиуса и существовать в течении нескольких оборотов Солнца. Средняя высота протуберанцев над поверхностью Солнца составляет 30-50 тысяч километров, средняя длина - 200 тысяч километров, ширина - 5 тысяч километров. Согласно исследованиям А.Б.Северного, все протуберанцы по характеру движения можно разбить на 3 группы: электромагнитные, в которых движения происходят по упорядоченным искривлённым траекториям - силовым линиям магнитного поля; хаотические, в которых преобладают неупорядоченные турбулентные движения (скорости порядка 10 км/с); эруптивные, в которых вещество первоначального спокойного протуберанца с хаотическими движениями внезапно выбрасывается с возрастающей скоростью (достигающей 700 км/с) прочь от Солнца. Температура в протуберанцах (волокнах) 5-10 тысяч Кельвинов, плотность близка к средней плотности хромосферы. Волокна, представляющие собой активные, быстро меняющиеся протуберанцы, обычно сильно изменяются за несколько часов или даже минут. Форма и характер движений в протуберанцах тесно связаны с магнитным полем в хромосфере и солнечной короне.

6. Солнечная корона

Солнечная корона - самая внешняя и наиболее разрежённая часть солнечной атмосферы, простирающаяся на несколько (более 10) солнечных радиусов. До 1931 года корону можно было наблюдать только во время полных солнечных затмений в виде серебристо-жемчужного сияния вокруг закрытого Луной диска Солнца. В короне хорошо выделяются детали её структуры: шлемы, опахала, корональные лучи и полярные щёточки. После изобретения коронографа солнечную корону стали наблюдать и вне затмений. Общая форма короны меняется с фазой цикла солнечной активности: в годы минимума корона сильно вытянута вдоль экватора, в годы максимума она почти сферична. В белом свете поверхностная яркость солнечной короны в миллион раз меньше яркости центра диска Солнца. Свечение её образуется в основном в результате рассеяния фотосферного излучения свободными электронами. Практически все атомы в короне ионизированы. Концентрация ионов и свободных электронов у основания короны составляет 10^9 частиц в 1 $см^3$. Нагрев короны осуществляется аналогично нагреву хромосферы. Наибольшее выделение энергии происходит в нижней части короны, но благодаря высокой теплопроводности корона почти изотермична - температура понижается наружу очень медленно. Отток энергии в короне происходит несколькими путями. В нижней части короны основную роль играет перенос энергии вниз благодаря теплопроводности. К потере энергии приводит уход из короны наиболее быстрых частиц.

6. Солнечная корона

Во внешних частях короны большую часть энергии уносит солнечный ветер - поток коронального газа, скорость которого растёт с удалением от Солнца от нескольких км/сек у его поверхности до 450 км/с на расстоянии Земли. Температура в короне превышает 10^6 К. В активных слоях короны температура выше - до 10^7 К. Над активными областями могут образовываться так называемые корональные конденсации, в которых концентрация частиц возрастает в десятки раз. Часть излучения внутри короны - это линии излучения многократно ионизированных атомов железа, кальция, магния, углерода, кислорода, серы и других химических элементов. Они наблюдаются и в видимой части спектра и в ультрафиолетовой области. В солнечной короне генерируется радиоизлучение Солнца в метровом диапазоне и рентгеновское излучение, усиливающееся во много раз в активных областях. Как показали расчеты, солнечная корона не находится в равновесии с межпланетной средой. Из короны в межпланетное пространство распространяются потоки частиц, образующие солнечный ветер. Между хромосферой и короной имеется сравнительно тонкий переходной слой, в котором происходит резкий рост температуры до значений, характерных для короны. Условия в нём определяются потоком энергии из короны в результате теплопроводности. Переходный слой является источником большей части ультрафиолетового излучения Солнца. Хромосфера, переходной слой и корона дают всё наблюдаемое радиоизлучение Солнца. В активных областях структура хромосферы, короны и переходного слоя меняется. Это изменение, однако, ещё недостаточно изучено.

7. Активные области **Солнца**

В активных областях хромосферы наблюдаются внезапные и сравнительно кратковременные увеличения яркости, видимые сразу во многих спектральных линиях. Эти яркие образования существуют от нескольких минут до нескольких часов. Они называются солнечными вспышками (прежнее название - хромосферные вспышки). Вспышки лучше всего видны в свете водородной линии, но наиболее яркие видны иногда и в белом свете. В спектре солнечной вспышки насчитывается несколько сотен эмиссионных линий различных элементов, нейтральных и ионизированных. Температура тех слоёв солнечной атмосферы, которые дают свечение в хромосферных линиях (1-2)х104 К, в более высоких слоях - до 107 К.

Плотность частиц во вспышке достигает 1013-1014 в одном кубическом сантиметре. Площадь солнечных вспышек может достигать 1015 м^2. Обычно солнечные вспышки происходят вблизи быстро развивающихся групп солнечных пятен с магнитным полем сложной конфигурации. Они сопровождаются активизацией волокон и флоккулов, а также выбросами вещества.

7. Активные области **Солнца**

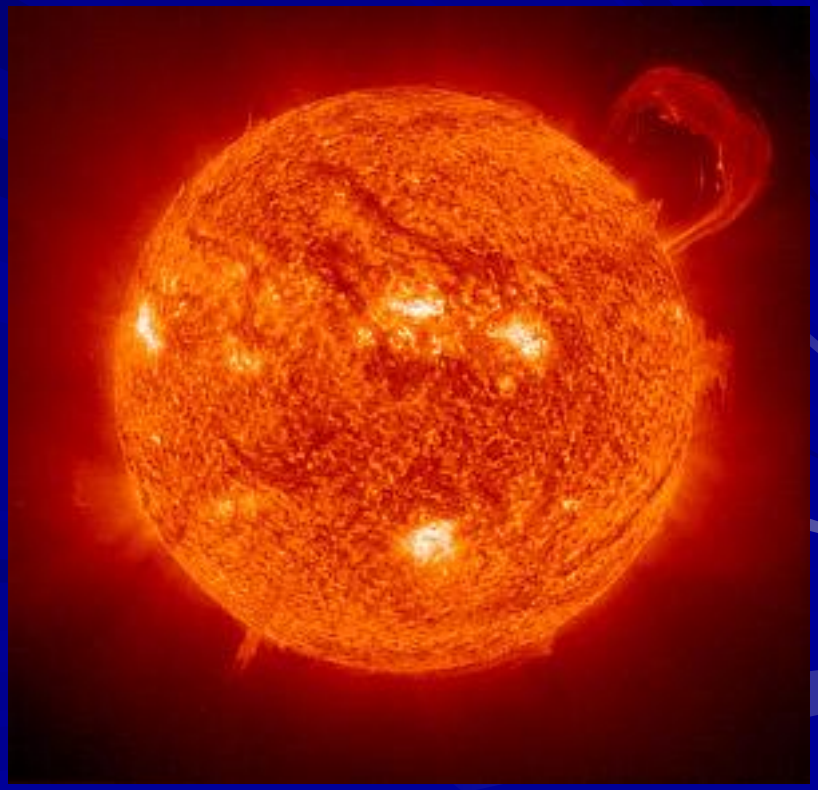
При вспышке выделяется большое количество энергии (до 1021-1025 джоулей). Предполагается, что энергия солнечной вспышки первоначально запасается в магнитном поле, а затем быстро высвобождается, что приводит к локальному нагреву и ускорению протонов и электронов, вызывающих дальнейший разогрев газа, его свечение в различных участках спектра электромагнитного излучения, образование ударной волны. Солнечные вспышки дают значительное увеличение ультрафиолетового излучения Солнца, сопровождаются всплесками рентгеновского излучения (иногда весьма мощными), всплесками радиоизлучения, выбросом корпускул высоких энергий вплоть до 1010 эВ. Иногда наблюдаются всплески рентгеновского излучения и без усиления свечения в хромосфере. Некоторые вспышки (они называются протонными) сопровождаются особенно сильными потоками энергичных частиц - космическими лучами солнечного происхождения. Протонные вспышки создают опасность для находящихся в полёте космонавтов, так как энергичные частицы, сталкиваясь с атомами оболочки корабля порождают рентгеновское и гамма-

излучение, причём иногда в опасных дозах.

IX.Периоды солнечной активности

Уровень солнечной активности (число активных областей и солнечных пятен, количество и мощность солнечных вспышек и т.д.) изменяется с периодом около 11 лет. Существуют также слабые колебания величины максимумов 11-летнего цикла с периодом около 90 лет. На Земле 11-летний цикл прослеживается на целом ряде явлений органической и неорганической природы (возмущения магнитного поля, полярные сияния, возмущения ионосферы, изменение скорости роста деревьев с периодом около 11 лет, установленным по чередованиям толщины годовых колец, и т.д.). На земные процессы оказывают также воздействие отдельные активные области на Солнце и происходящие в них кратковременные, но иногда очень мощные вспышки.

Время существования отдельной магнитной области на Солнце может достигать одного года. Вызываемые этой областью возмущения в магнитосфере и верхней атмосфере Земли повторяются через 27 суток (с наблюдаемым с Земли периодом вращения Солнца). Наиболее мощные проявления солнечной активности – солнечный (хромосферные) вспышки происходят нерегулярно (чаще вблизи периодов максимальной активности), длительность их составляет 5-40 минут, редко несколько часов. Энергия хромосферной вспышки может достигать 1025 джоулей, из выделяющейся при вспышке энергии лишь 1-10% приходится на электромагнитное излучение в оптическом диапазоне.



IX. Периоды солнечной активности

По сравнению с полным излучением Солнца в оптическом диапазоне энергия вспышки не велика, но коротковолновое излучение вспышки и генерируемые при вспышек электроны, а иногда солнечные космические лучи могут дать заметный вклад в рентгеновское и корпускулярное излучение Солнца.

В периоды повышения солнечной активности его рентгеновское излучение увеличивается в диапазоне 30-10 нм в два раза, в диапазоне 10-1 нм в 3-5 раз, в диапазоне 1-0,2 нм более чем в сто раз. По мере уменьшения длины волны излучения вклад активных областей в полное излучение Солнца увеличивается, и в последнем из указанных диапазонов практически всё излучение обусловлено активными областями. Жёсткое рентгеновское излучение с длиной волны меньше 0,2 нм появляется в спектре Солнца всего лишь на короткое время после вспышек.

В ультрафиолетовом диапазоне (длина волны 180-350 нм) излучение Солнца за 11-летний цикл меняется всего на 1-10%, а в диапазоне 290-2400 нм остаётся практически постоянным и составляет $3{,}6 \times 10^{26}$ ватт.

Постоянство энергии, получаемой Землёй от Солнца, обеспечивает стационарность теплового баланса Земли. Солнечная активность существенно не сказывается не энергетике Земли как планеты, но отдельные компоненты излучения хромосферных вспышек могут оказывать значительное влияние на многие физические, биофизические и биохимические процессы на Земле.

IX. Периоды солнечной активности

Активные области являются мощным источником корпускулярного излучения. Частицы с энергиями около 1 кэВ (в основном протоны), распространяющиеся вдоль силовых линий межпланетного магнитного поля из активных областей усиливают солнечный ветер. Эти усиления (порывы) солнечного ветра повторяются через 27 дней и называются рекуррентными. Аналогичные потоки, но ещё большей энергии и плотности, возникают при вспышках. Они вызывают так называемые спорадические возмущения солнечного ветра и достигают Земли за интервалы времени от 8 часов до двух суток. Протоны высокой энергии (от 100 МэВ до 1 ГэВ) от очень сильных "протонных" вспышек и электроны с энергией 10-500 кэВ, входящие в состав солнечных космических лучей, приходят к Земле через десятки минут после вспышек; несколько позже приходят те из них, которые попали в "ловушки" межпланетного магнитного поля и двигались вместе с солнечным ветром. Коротковолновое излучение и солнечные космические лучи (в высоких широтах) ионизируют земную атмосферу, что приводит к колебаниям её прозрачности в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, а также к изменениям условий распространения коротких радиоволн (в ряде случаев наблюдаются нарушения коротковолновой радиосвязи).

IX.1.Периоды солнечной активности

Усиление солнечного ветра, вызванное вспышкой, приводит к сжатию магнитосферы Земли с солнечной стороны, усилению токов на её внешней границе, частичному проникновению частиц солнечного ветра в глубь магнитосферы, пополнению частицами высоких энергий радиационных поясов Земли и т.д. Эти процессы сопровождаются колебаниями напряжённости геомагнитного поля (магнитной бурей), полярными сияниями и другими геофизическими явлениями, отражающими общее возмущение магнитного поля Земли. Воздействие активных процессов на Солнце (солнечных бурь) на геофизические явления осуществляется как коротковолновой радиацией, так и через посредство магнитного поля Земли. По-видимому эти факторы являются главными и для физико-химических и биологических процессов. Проследить всю цепь связей, приводящих к 11-летней периодичности многих процессов на Земле пока не удаётся, но накопленный обширный фактический материал не оставляет сомнений в существовании таких связей. Так, была установлена корреляция между 11-летним циклом солнечной активности и землетрясениями, урожаями сельхозкультур, числом сердечно-сосудистых заболеваний и т.д. Эти данные указывают на постоянное действие солнечно-земных связей.

X. Наблюдения за **Солнцем** сегодня

Наблюдения Солнца ведутся с помощью рефракторов небольшого или среднего размера и больших зеркальных телескопов, у которых большая часть оптики неподвижна, а солнечные лучи направляются внутрь горизонтальной или башенной установки телескопа при помощи одного или двух движущихся зеркал. Создан специальный тип солнечного телескопа - внезатменный коронограф. Внутри коронографа осуществляется затемнение Солнца специальным непрозрачным экраном. В коронографе во много раз уменьшается количество рассеянного света, поэтому можно наблюдать вне затмения самые внешние слои атмосферы Солнца. Солнечные телескопы часто снабжаются узкополосными светофильтрами, позволяющими вести наблюдения в свете одной спектральной линии. Созданы также нейтральные светофильтры с переменной прозрачностью по радиусу, позволяющие наблюдать солнечную корону на расстоянии нескольких радиусов Солнца.

X. Наблюдения за **Солнцем** сегодня

Обычно крупные солнечные телескопы снабжаются мощными спектрографами с фотографической или фотоэлектрической фиксацией спектров. Спектрограф может иметь также магнитограф - прибор для исследования зеемановского расщепления и поляризации спектральных линий и определения величины и направления магнитного поля на Солнце. Необходимость устранить замывающее действие земной атмосферы, а также исследования излучения Солнца в ультрафиолетовой, инфракрасной и некоторых других областях спектра, которые поглощаются в атмосфере Земли, привели к созданию орбитальных обсерваторий за пределами атмосферы, позволяющих получать спектры Солнца и отдельных образований на его поверхности вне земной атмосферы.

XI.ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Само название «черная дыра» появилось в 1968 году. Его в популярной статье ввел Уиллер, и оно мгновенно прижилось, заменив собой использовавшиеся до того термины «коллапсар» или «застывшая звезда».

Черной дырой называется область пространства-времени, в которой гравитационное поле столь сильно, что ни один объект (даже свет) не может вырваться из нее.

Из области пространства-времени черной дыры невозможно никакое сообщение с внешней по отношению к ней Вселенной.

У черной дыры нет поверхности как таковой, но есть граница, которая называется горизонтом событий. Размеры горизонта событий для невращающейся незаряженной черной дыры определяются формулой для гравитационного радиуса.

XI.ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Мы не имеем никаких наблюдательных данных о внутренней структуре черных дыр, так как никакое сообщение изнутри поступить к нам не может. Мы не знаем, что произойдет с телом, после того как оно пересечет горизонт событий, кроме того, что тело будет продолжать падать и падать. Как и всякое массивное тело, черная дыра отклоняет световые лучи, проходящие вблизи нее. Но, обладая очень сильным гравитационным полем, черная дыра и лучи отклоняет чрезвычайно сильно. Поэтому, если близко от нас на луче зрения оказалась бы черная дыра, то вся открывающаяся перед нами картина исказилась бы. Все «стандартные» уравнения современной физики, перестают действовать вблизи центра черной дыры, под горизонтом событий.

А вот наиболее вероятные примеры галактик с черными дырами в ядре: M87, NGC 3115, NGC 4486, NGC 4594 («Сомбреро»), NGC 3377, NGC 3379, NGC 4258, M31 (Туманность Андромеды), M32.

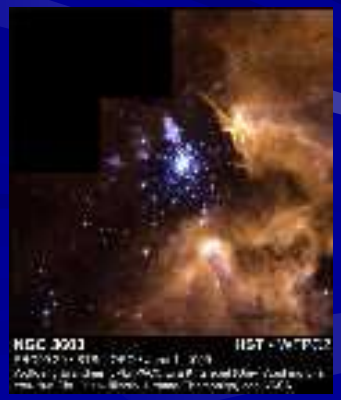
XII. Одиноки ли в Галактике

Если посмотреть на ночное небо в ясную ночь, то можно увидеть примерно тысячу звезд нашей Галактики. Каждая из этих звезд, подобных нашему Солнцу, сияет миллионы или миллиарды лет, а свет, который мы видим, путешествовал в межзвездном пространстве от четырех лет до двух тысяч лет, прежде чем достиг наших глаз.

Тему «Одиноки ли мы во Вселенной?», я выбрал, может быть, потому, что многие люди затрагивают эту тему и полностью ее не раскрывают. На этот вопрос можно много рассуждать самому или даже с помощью чьих-то доказательств.

Изучать окружающий мир, в том числе и Вселенную, человек начал с того, что он мог непосредственно наблюдать. Обладая органом зрения, чувствительным к световым лучам - как говорят физики - к оптическому диапазону электромагнитных волн, он видел на небе Солнце, звезды, планеты. На основе этих наблюдений он составил первые представления о мироздании.

И в дальнейшем, на протяжении многих веков, в том числе и тогда, когда исследователи Вселенной вооружились телескопами и фотографической техникой, значительно расширившими возможности человеческого глаза, астрономия продолжала оставаться оптической наукой, а свет - единственным вестником космических миров, несущим информацию о процессах, протекающих в глубинах Вселенной.



XII. Одиноки ли в Галактике

Вплоть до начала нашего века никто не сомневался в том, что Вселенная стационарная, что в основных своих чертах она не меняется с течением времени, что подавляющее большинство небесных светил развивается постепенно, переходя от одного стационарного состояния к другому. Подобную точку зрения разделял и такой выдающийся физик нашей эпохи, как А. Эйнштейн. Но уже в двадцатые годы было открыто расширение Вселенной. И с каждым новым астрофизическим открытием перед нами развертывается мир «все более странный», мир все более диковинных, необычных процессов.

Итак, неисчерпаемость Вселенной, неизбежность неожиданных, непредвиденных открытий, мир все более странных явлений - вот характерные особенности современной астрономии и физики.

И как следствие - определенные качества, которыми должен обладать современный исследователь Вселенной: глубокие знания, постоянная готовность к встрече с неожиданным, умение разобраться в необычном, способность к оригинальным заключениям...

XII. Одиноки ли в Галактике

Современным исследователям предстоит решать все более сложные задачи. Углубляясь в дебри все более странного мира, наука вплотную приблизилась к таким рубежам, для преодоления которых, возможно, потребуются особые усилия, в том числе и усилия интеллектуальные...

Теперь мы достаточно подготовлены к тому, чтобы перешагнуть порог того «все более странного мира», который открывает нам современная наука о Вселенной.

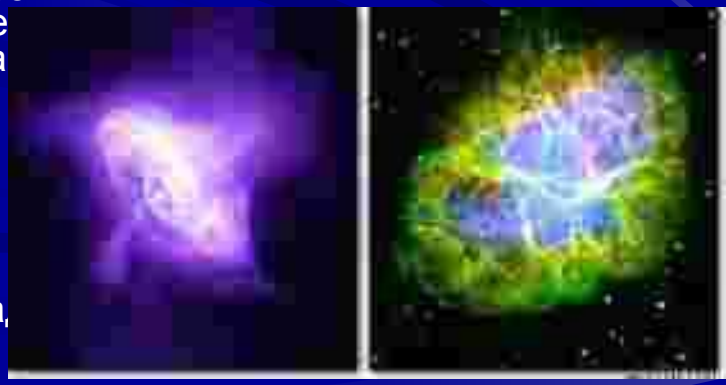
Вся наша Земля - корабль в безбрежном космическом океане. Все мы живем в Солнечной системе, подвергаясь всем излучениям, которые направляются к Земле со всех сторон Вселенной.

В прошлом Вселенная выглядела совершенно иначе, чем в наши дни: в ней не было ни звезд, ни планет, ни галактик, а вещество, из которого затем образовались планеты, находилось в состоянии огромной плотности. Гигантские звездные острова – галактики с огромными скоростями разлетаются в разных направлениях. Мы живем в расширяющийся Вселенной.

XII. Одиноки ли в Галактике

Эволюция и строение галактик.

Поэт спрашивал: «Послушайте! Ведь, если звезды зажигают — значит — это кому-нибудь нужно?». Мы знаем, что звезды нужны, чтобы светить, и наше Солнце дает необходимую для нашего существования энергию. А зачем нужны галактики? Оказывается и галактик**и** нужны, и не только Солнце обеспечивает нас энергией. Астрономические наблюдения показывают, что из ядер галактик происходит непрерывное истечение водорода. Таким образом, ядра галактик являются фабриками по производству основного строительного материала Вселенной — водорода. Водород, атом которого состоит из одного протона в ядре и одного электрона на его орбите, является самым простым «кирпичиком», из которого в недрах звезд образуются в процессе атомных реакций более сложные атомы. Причем оказывается, что звезды совершенно не случайно имеют различную величину. Чем больше масса звезды, тем более сложные атомы синтезируются в ее недрах. Наше Солнце как обычная звезда, производит только гелий из водорода (который дают ядра галактик), очень массивные звезды производят углерод — главный «кирпичик» живого вещества. Вот для чего нужны галактики и звезды. А для чего нужна Земля? Она производит все необходимые вещества для существования жизни человека. А для чего существует человек? На этот вопрос не может ответить наука, но она может заставить нас еще раз задуматься на ним.



XII. Одиноки ли в Галактике

Если «зажигание» звезд кому-то нужно, то может и человек кому-то нужен? Научные данные помогают нам сформулировать представление о нашем предназначении, о смысле нашей жизни. Обращаться при ответе на эти вопросы к эволюции Вселенной — это, значит, мыслить космически. Естествознание учит мыслить космически, в то же время, не отрываясь от реальности нашего бытия. Вопрос об образовании и строении галактик — следующий важный вопрос происхождения Вселенной. Его изучает не только космология как наука о Вселенной — едином целом, но также и космогония (греч. «Гонейа» означает рождение) — область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем (различают планетную, звездную, галактическую космогонию).

Галактика представляет собой гигантские скопления звезд и их систем, имеющие свой центр (ядро) и различную, не только сферическую,

но часто спиралевидную, эллиптическую, сплюснутую или вообще неправильную форму. Галактик — миллиарды, и в каждой из них насчитываются миллиарды звезд.

Наша галактика называется Млечный Путь и состоит из 150 млрд. звезд.

Она состоит из ядра и нескольких спиральных ветвей. Ее размеры —

100 тыс. световых лет. Большая часть звезд нашей галактики

сосредоточена в гигантском «диске» толщиной около

1500 световых лет.

На расстоянии около 30 тыс. световых лет от центра галактики

расположено Солнце.