Астрономия 10 класс,

Дистанционные уроки на неделю 20 по 24 апреля 2020, 1 час в неделю

Учитель физики информатики Гаджиагаев Тагир Гаджиагаевич

Учебник Воронцов-Вельяминов Страут Астрономия 10-11 класс

Внимание! Ответы на вопросы и задания оформлять письменно в рабочих тетрадях. Работы будут проверены

1 занятие

§ 21 Солнце ближайшая звезда, п 3-4 стр 137-143

Задание : Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа

т. е. веществом. Выделение энергии и её перенос определяют внутреннее строение Солнца:

— ***ядро*** — центральная зона, где при высоком давлении и температуре происходят термоядерные реакции;

— ***лучистая зона***, где энергия передаётся наружу от слоя к слою в результате последовательного поглощения и излучения квантов;

— ***наружная конвективная зона***, где энергия от слоя к слою переносится самим веществом в результате перемешивания (конвекции).

Каждая из этих зон занимает примерно $^1/_3$ солнечного радиуса (рис. 5.5).

Сразу за конвективной зоной начинается ***атмосфера***, которая простирается далеко за пределы видимого диска Солнца. Её нижний слой — *фотосфера* — воспринимается как поверхность Солнца. Верхние слои атмосферы непосредственно не видны и могут наблюдаться либо во время полных солнечных затмений, либо из космического пространства, либо при помощи специальных приборов с поверхности Земли.

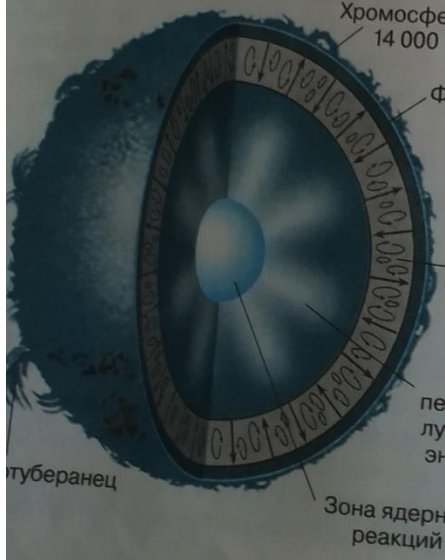

Рис. 5.5. Внутреннее строение Солнца

3. Атмосфера Солнца

Фотосфера — самый нижний слой атмосферы Солнца, в котором температура довольно быстро убывает от 8000 до 4000 К. Следствием конвективного движения вещества в верхних слоях Солнца является своеобразный вид фотосферы — *грануляция* (рис. 5.6). Фотосфера как бы состоит из отдельных зёрен — гранул, размеры которых составляют в среднем несколько сотен (до 1000) километров. *Гранула* — это поток горячего газа, поднимающийся вверх. В тёмных промежутках между гранулами находится более холодный газ, опускающийся вниз. Каждая гранула существует всего 5—10 мин, затем на её месте появляется новая, которая отличается от прежней по форме и размерам. Общая наблюдаемая картина при этом не меняется. Вещество фотосферы нагревается за счёт энергии, поступающей из недр Солнца, а излучение, которое уходит в межпланетное пространство, уносит энергию, поэтому наружные слои фотосферы охлаждаются.

В самых верхних слоях фотосферы плотность вещества составляет 10^{-3}—10^{-4} кг/м^3. Здесь в условиях минимальной для Солнца температуры оказывается возможным существование нейтральных атомов водорода и даже простейших молекул и радикалов H_2, OH, CH.

Над фотосферой располагается ***хромосфера*** («сфера цвета»). Красновато-фиолетовое кольцо хромосферы можно видеть в те моменты, когда диск Солнца закрыт Луной во время полного солнечного затмения. В хромосфере вещество имеет температуру 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, а далее на миллионы километров (несколько радиусов Солнца)

Рис. 5.6. Грануляция в фотосфере

2020/4/17 16:18

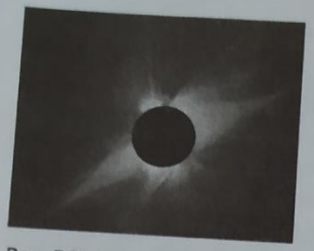

Рис. 5.7. Вид солнечной короны во время полного затмения Солнца

простирается ***солнечная корона*** (рис. 5.7).

Температура короны резко возрастает по сравнению с температурой хромосферы и достигает 2 млн К. Причиной нагрева солнечной короны являются магнитозвуковые волны, поднимающиеся в корону из более глубинных слоёв Солнца. Для короны, которую можно наблюдать во время полных солнечных затмений как жемчужно-серебристое сияние, характерна лучистая структура с множеством сложных деталей — дуг, шлемов и т. д. (см. рис. 5.7). Солнечная корона (рис. 5.8) явилась для астрофизики уникальной природной лабораторией, в которой удаётся наблюдать поведение вещества в условиях, недостижимых на Земле. Высокая температура короны обеспечивает полную ионизацию лёгких элементов, а у более тяжёлых сохраняются электроны, находящиеся на самых глубоких электронных оболочках. Высокоионизованную плазму короны часто называют электронным газом, имея в виду, что число электронов, потерянных атомами, существенно превосходит число образовавшихся при этом положительных ионов.

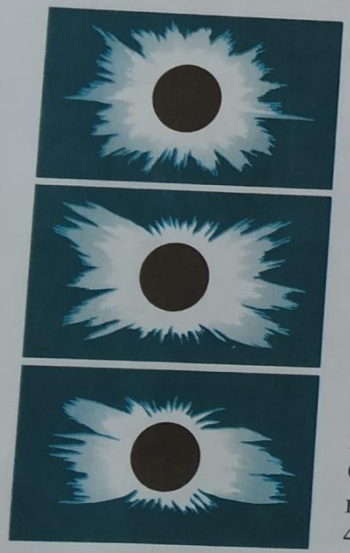

Рис. 5.8. Изменение вида солнечной короны

Плотность вещества по мере удаления от Солнца постепенно уменьшается, но потоки плазмы из короны (*солнечный ветер*) растекаются по всей планетной системе. Скорость этих потоков в окрестностях Земли обычно составляет 400—500 км/с, но у некоторых может достигать 1000 км/с. Основными составляющими солнечного ветра являются *протоны* и *электроны*, значительно меньше *альфа-частиц* и других ионов. Наша планета фактически находится в солнечной короне, поэтому многие геофизические явления испытывают на себе влияние процессов, происходящих на Солнце, в особенности в периоды максимума солнечной активности. Солнечный ветер порождает не только на Земле, но и на других планетах Солнечной системы, обладающих магнитным полем, такие явления, как магнитосфера, полярные сияния и радиационные пояса.

4. Солнечная активность

Как правило, в атмосфере Солнца наблюдаются многообразные проявления солнечной активности, характер протекания которых определяется поведением солнечной плазмы в магнитном поле: *пятна, вспышки, протуберанцы, корональные выбросы* и т. п. Наиболее известными из них являются ***солнечные пятна***, открытые ещё в начале XVII в. во время первых наблюдений при помощи телескопа. По изменению положения пятен на диске Солнца было обнаружено, что оно вращается. Наблюдения показали, что угловая скорость вращения Солнца убывает от экватора к полюсам, а время полного оборота вокруг оси возрастает с 25 суток (на экваторе) до 30 (вблизи полюсов).

Общее магнитное поле Солнца по форме линий магнитной индукции отчасти напоминает земное. Пятна появляются в тех сравнительно небольших областях фотосферы Солнца, где магнитное поле усиливается в несколько тысяч раз по сравнению с общим фоном, и его индукция может достигать 0,4—0,5 Тл. Усиление магнитного поля, которое охватывает также лежащие выше области хромосферы и короны, является характерным признаком активной области (центра активности).

Сначала пятна наблюдаются как маленькие тёмные участки диаметром 2000—3000 км. Большинство из них в течение суток пропадают, однако некоторые увеличиваются в десятки раз. Такие пятна могут образовывать большие группы и существовать, меняя форму и размеры, на протяжении нескольких месяцев, т. е. нескольких оборотов Солнца. У круп-

2020/4/17 16:18

ных пятен вокруг наиболее тёмной центральной части (её называют *тень*) наблюдается менее тёмная — *полутень* (рис. 5.9). В центре пятна температура вещества снижается примерно до 4000 К, поэтому в спектре пятен наблюдаются полосы поглощения некоторых двухатомных молекул, например CO, TiO, CH, CN. Понижение температуры в районе пятна связано с действием магнитного поля, которое нарушает нормальную конвекцию и препятствует притоку энергии снизу. Вместе с тем вблизи пятен, где магнитное поле слабее, конвективные движения усиливаются, и появляются хорошо заметные яркие образования — ***факелы***.

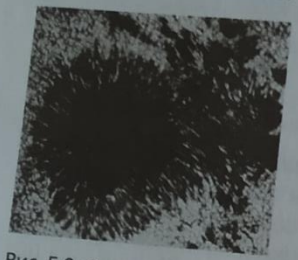

Рис. 5.9. Структура крупного пятна

Наиболее крупными по своим масштабам проявлениями солнечной активности являются наблюдаемые в солнечной короне ***протуберанцы*** — огромные по объёму облака газа, масса которых может достигать миллиардов тонн (см. рис. 2 на цветной вклейке XII). Некоторые из них («спокойные») напоминают по форме гигантские занавеси толщиной 3—5 тыс. км, высотой около 10 тыс. км и длиной до 100 тыс. км, подпираемые колоннами, по которым газ течёт из короны вниз. Они медленно меняют свою форму и могут существовать в течение нескольких месяцев. Во многих случаях в протуберанцах наблюдается упорядоченное движение отдельных сгустков и струй по криволинейным траекториям, напоминающим по форме линии индукции магнитных полей (рис. 5.10). Порой отдельные части протуберанцев быстро устремля-

Рис. 5.10. Движение вещества протуберанца

ются вверх со скоростями порядка нескольких сотен километров в секунду и поднимаются на огромную высоту (до 1 млн км), что превышает радиус Солнца. Оказалось, что происходит это во время вспышек.

Самыми мощными проявлениями солнечной активности являются ***вспышки***, в процессе которых за несколько минут иногда выделяется энергия до 10^{25} Дж (такова энергия примерно миллиарда атомных бомб). Вспышки наблюдаются как внезапные усиления яркости отдельных участков Солнца в районе пятен (см. рис. 3 на цветной вклейке XII). Продолжительность вспышек обычно около часа, а слабые длятся всего несколько минут. По своей сути вспышка — это взрыв, вызванный внезапным сжатием солнечной плазмы. Сжатие происходит под действием магнитного поля и приводит к образованию плазменного жгута или ленты, достигающих в длину десятков и даже сотен тысяч километров. Солнечная плазма в этой области может нагреваться до температуры порядка 10 млн К. Возрастает кинетическая энергия выбросов веществ, движущихся в короне и уходящих в межпланетное пространство со скоростями до 1000 км/с. Получают дополнительную энергию и значительно ускоряются потоки электронов, протонов и других заряженных частиц. Усиливается оптическое, рентгеновское, гамма- и радиоизлучение. Детальная теория сложного комплекса явлений, наблюдаемых во время вспышек, пока ещё не разработана, но, по современным представлениям, они связаны с возникновением и происходящим затем быстрым выделением избытка энергии в магнитных полях активных областей.

Потоки плазмы, обусловленные солнечными вспышками и корональными выбросами, через сутки-двое достигают окрестностей Земли. Вещество, выбрасываемое из солнечной короны, представляет собой плазму с магнитным полем (так называемые магнитные облака). Взаимодействие такого облака с магнитосферой Земли вызывает аномальное возмущение — магнитную бурю. Магнитные бури вызывают возмущение ионосферы, что приводит к нарушениям в прохождении радиосигналов, в частности, от навигационных спутников. Изменение геомагнитного поля приводит к появлению индуцированных токов в линиях электропередачи и трубопроводах.

2020/4/17 16:19

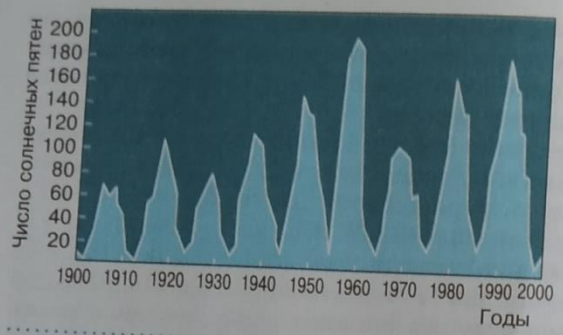

Рис. 5.11. Периодичность солнечной активности

Число пятен и протуберанцев, частота и мощность вспышек на Солнце меняются с определённой, хотя и не очень строгой периодичностью — в среднем этот период составляет примерно 11,2 года (рис. 5.11). Отмечается определённая связь процессов жизнедеятельности растений и животных, состояния здоровья людей и погодно-климатических аномалий с уровнем солнечной активности, однако механизм воздействия этих процессов на земные явления ещё не вполне ясен.

В настоящее время для изучения Солнца используются все средства космической техники. Метеоспутники на геостационарной орбите уже более 30 лет ведут общий мониторинг солнечной активности, измеряя потоки рентгеновского излучения и солнечных космических лучей. Для мониторинга корональных выбросов массы используется пара КА СТЕРЕО, которые находятся в разных точках орбиты Земли и помогают взглянуть на магнитное облако, летящее к Земле, «со стороны». КА СОХО позволяет отслеживать появление пятен, вспышек и корональных выбросов массы и по их местоположению и динамике давать трёхдневный прогноз, представляют ли они опасность для Земли.

Вопросы **1.** Из каких химических элементов состоит Солнце и каково их соотношение? **2.** Каков источник энергии излучения Солнца? Какие изменения с его веществом происходят при этом? **3.** Какой слой Солнца является основным источником видимого излучения? **4.** Каково внутреннее строение Солнца? Назовите основные слои его атмосферы. **5.** В каких пределах изменяется температура на Солнце от его центра до фотосферы? **6.** Какими способами осуществляется перенос энергии из недр Солнца наружу? **7.** Чем объясняется наблюдаемая на Солнце грануляция? **8.** Какие проявления солнечной активности наблюдаются в различных слоях атмосферы Солнца? С чем связана основная причина этих явлений? **9.** Чем объясняется понижение температуры в области солнечных пятен? **10.** Какие явления на Земле связаны с солнечной активностью?

Упражнение 17 **1.** Можно ли заметить невооружённым глазом (через тёмный фильтр) на Солнце пятно размером с Землю, если глаз различает объекты, видимые размеры которых 2—3′? **2.** Какова вторая космическая скорость на уровне фотосферы Солнца? **3.** Какая мощность излучения приходится в среднем на 1 кг солнечного вещества?

§ 22. Расстояния до звёзд. Характеристики излучения звёзд

Наше Солнце справедливо называют типичной звездой, но среди огромного многообразия мира звёзд есть немало таких, которые значительно отличаются от него по физическим характеристикам. Поэтому более полное представление о звёздах даёт такое определение:

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

Солнце существует уже несколько миллиардов лет и мало изменилось за это время, поскольку в его недрах всё ещё происходят термоядерные реакции, в результате которых из четырёх протонов (ядер водорода) образуется альфа-частица (ядро гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов). Более массивные звёзды расходуют запасы водорода значительно быстрее (за десятки миллионов лет). После того как водород израсходован, начинаются реакции между ядрами гелия с образованием устойчивого изотопа углерода-12 и дру-

2020/4/17 16:19