

Предмет: астрономия

Учитель: Васильев Андрей Александрович

Тема: «Строение Солнца, солнечной атмосферы. Солнечно-земные связи»

Тип урока: изучение и первичное закрепление новых знаний и способов деятельности.

Участники: 10 класс

Цель: формирование фундаментального астрономического понятия "звезда" на примере рассмотрения физической природы и основных характеристик Солнца как ближайшей и наиболее изученной звезды.

Задачи обучения:

Общеобразовательные - формирование понятий:

- об основных характеристиках Солнца как космического тела: массе, размерах, плотности, движении, химическом составе и состоянии вещества, магнитном поле, возрасте и т.д.
- о внутреннем строении Солнца (ядре, зонах лучистого переноса и конвекции) и солнечной атмосфере (фотосфере, хромосфере, короне);
- об основных параметрах внутреннего строения (температуре, давлении, плотности газа и т.д.)
- об энергетике Солнца;
- о космических явлениях, наблюдаемых в атмосфере Солнца (грануляция, пятна, факельные поля, протуберанцы, вспышки, солнечный ветер).

Воспитательные:

Формирование научного мировоззрения учащихся:

- в ходе знакомства с определенным типом космических объектов – звездами и при рассмотрении основных физических характеристик Солнца как ближайшей из звезд;
- при изучении материала об энергетике Солнца.

Развивающие - формирование умений:

- анализировать информацию, объяснять свойства космических объектов на основе важнейших физических теорий;
- решать задачи на расчет основных параметров Солнца с использованием законов механики, молекулярной физики и термодинамики.

Ученики должны **знать**:

- об основных физических характеристиках Солнца (приближенные значения соответствующих числовых величин;);
- о внутреннем строении (ядре, зонах лучистого переноса и конвекции) и структуре атмосферы (фотосфере, хромосфере, короне) Солнца;
- о возможности расчета параметров внутреннего строения Солнца (температуре, давлении, плотности газа и т.д.) на основе законов физики;
- основные сведения о термоядерных реакциях в недрах Солнца как основе звездной энергетики;
- астрономические величины (температура фотосферы, температура и давление в центре Солнца, массу и размеры Солнца в сравнении с земными).

Ученики должны **уметь**:

- анализировать учебный материал, использовать обобщенный план для изучения космических объектов, делать выводы;
- решать задачи на расчет основных параметров Солнца с использованием законов механики, молекулярной физики и термодинамики.

Наглядные пособия и демонстрации:

- презентация «Солнце»
- таблицы: "Солнце"; "Строение Солнца"; "Солнечная система".

Задание на дом: Изучить материала учебников:
 - Б.А. Воронцов-Вельяминова: § 22 (1, 2); упр. 19.

План урока

Этапы урока	Содержание	Методы изложения	Время, мин
1	Актуализация астрономических знаний; повторение материала по природоведению (естествознанию), физике и астрономии	Фронтальный опрос, беседа	10
2	<u>Изложение нового материала:</u> 1) Основные физические характеристики Солнца. 2) Внутреннее строение и структура атмосферы; объекты и явления, наблюдаемые в солнечной атмосфере. 3) Энергетика Солнца.	Лекция, беседа, рассказ учителя	20-25
3	Закрепление изученного материала. Решение задач	Работа у доски, самостоятельное решение задач в тетради	10-12
4	Подведение итогов урока. Домашнее задание		

Ход урока:

Урок начинается с объявления о начале изучения новой, одной из важнейших в курсе астрономии, темы "Солнце и звезды". Учитель объясняет школьникам цель и задачи изучения новой темы: изучение физической природы звезд и звездных систем. Внимание учащихся обращается на следующие положения:

1. Звезды - отдельный самостоятельный тип космических тел, качественно отличающийся от других космических объектов.
2. Звезды – один из наиболее распространенных (возможно, наиболее распространенный) тип космических тел.
3. Звезды сосредотачивают в себе до 90% видимого вещества в той части Вселенной, в которой мы живем и которая доступна нашим исследованиям.
4. Атомы вещества, из которого состоит наша планета и мы сами образовались свыше 6 миллиардов лет назад в недрах звезд.

5. От ближайшей из звезд – Солнца - зависит существование и развитие жизни на Земле. Затем в ходе фронтального опроса и беседы с учениками мы повторяем и актуализируем знания о природе Солнца и звезд, обретенные школьниками ранее на уроках природоведения, естествознания, физики среднего и старшего звена, и астрономии. Следует проверить понимание понятий "космические объекты", "космические тела" и "космические системы".

Далее следует лекционное изложение нового материала. Оно начинается с рассмотрения основных физических характеристик и внутреннего строения Солнца как ближайшей и наиболее подробно изученной звезды. Строение Солнца можно продемонстрировать при помощи соответствующей таблицы (при этом экономится учебное время), но для более качественного усвоения материала учениками лучше поэтапно, с соответствующими пояснениями, воспроизвести его на доске (а ученики перерисовывают ее в свои тетради).

Солнце

Масса Солнца $1,989 \times 10^{30}$ кг, в 333434 раз превышает массу Земли и в 750 раз - всех планетных тел Солнечной системы. Радиус Солнца 695990 км, в 109 раз больше земного. Средняя плотность солнечного вещества 1409 кг/м^3 , в 3,9 раза ниже плотности Земли. Ускорение силы тяжести на экваторе $279,98 \text{ м/с}^2$ (28 g). Экватор Солнца наклонен под

углом $7,2^\circ$ к плоскости эклиптики. Сидерический период вращения на экваторе равен 25,38 суток и увеличивается по направлению к полюсам (до 32 суток на широте 60°). Солнце обладает магнитным полем со сложной структурой средней напряженностью 1-2 Гс.

Возраст Солнца около 5 млрд. лет.

Видимая звездная величина (блеск) Солнца $-26,6^m$. Мощность общего излучения Солнца 374×10^{21} кВт. Светимость Солнца 4×10^{20} Вт. Земля получает $1/2000000000$ часть солнечной энергии: на площадку в 1 м^2 , перпендикулярную солнечным лучам за пределами земной атмосферы приходится 1,36 кВт лучистой энергии.

Температура видимой поверхности (фотосферы) Солнца 5770 К. Спектральный класс Солнца G2.

Химический состав Солнца: водород - 71 %, гелий - 26,5 %, остальные элементы 2,5 %. Солнце не содержит в своем составе неизвестных на Земле химических элементов.

Агрегатное состояние солнечного вещества – ионизированный атомарный газ (плазма). Вглубь Солнца, с увеличением температуры и давления, степень ионизации растет вплоть до полного разрушения атомов в ядре Солнца.

Внутреннее строение Солнца:

1. **Ядро** (зона термоядерных реакций) - центральная область, простирающаяся на $1/3$ радиуса Солнца от его центра, вблизи которого при давлении до 2×10^{18} Па, температуре $1,5-1,6 \times 10^7$ К и плотности плазмы до 16 г/см^3 протекают термоядерные реакции превращения ядер атомов водорода в ядра атомов гелия, сопровождающиеся выделением колоссальной энергии. Ядро вращается как единое твердое тело с периодом 22-23 суток.

2. **Зона лучистого переноса** (расстояния от $1/3$ до $2/3 R$) – область, в которой выделяющаяся в солнечном ядре энергия передается наружу, от слоя к слою, в результате последовательного поглощения и переизлучения электромагнитных волн. Плавно распределяясь по возрастающему объему вещества, энергия (и, в соответствии с законом Вина, длина) электромагнитных волн постепенно уменьшаются от $10^{-11}-10^{-12}$ Дж (g - и жесткое рентгеновское излучение) на границе с ядром до 10^{-16} Дж (жесткий ультрафиолет) на границе с конвективной зоной, где плотность плазмы составляет около $0,16 \text{ г/см}^3$ при давлении до 10^{13} Па и температуре до 10^6 К.

3. **Зона конвекции** ($0,29 R$) простирается почти до самой видимой поверхности Солнца. В ней происходит непрерывное перемешивание (конвекция) солнечного вещества со скоростью от 1 м/с в глубине зоны до 2-3 м/с на границе с фотосферой. В энергию магнитного поля преобразуется до 0,1 % от всей поступающей в конвективную зону тепловой энергии Солнца. На дне конвективной зоны с 22-летней периодичностью накапливается намагниченная плазма, образующая мощный магнитный слой. На глубины $0,8-0,9 R$ появляются первые нейтральные атомы – сначала гелия, затем водорода, выше их концентрация увеличивается.

Выше простирается **атмосфера** Солнца, в которой выделяется ряд следующих областей:

Фотосфера (сфера света) - слой газов толщиной 350-700 км. В нижнем слое фотосферы, обладающем температуре 8000 К при давлении солнечного вещества до 10^6 Па наблюдается **гранулы** - ячейки верхнего яруса конвективной зоны размерами около 700 км и временем существования до 8 минут - восходящие потоки раскаленных газов. Гранулы разделяются темными промежутками шириной до 300 км. Убытие температуры в наружных слоях фотосферы приводит к тому, что в спектре видимого излучения Солнца, почти полностью возникающего в фотосфере, наблюдаются темные линии поглощения. Они называются фраунгоферовыми в честь немецкого физика Й. Фраунгера (1787-1826), впервые зарегистрировавшего в 1814г. несколько сотен таких линий. По той же причине (падение температуры от центра Солнца) солнечный диск с края кажется более темным. Светлые участки фотосферы, на которых поверхность Солнца разогрета до 7000-10000 К, называются **факельными полями (флоккулами)**. Отдельные участки фотосферы с пониженной до 4000-4500 К температурой по контрасту

с раскаленной окружающей поверхностью воспринимаются как черные **солнечные пятна**.

Фотосфера условно считается "видимой поверхностью" Солнца (хотя на самом деле это тонкий слой раскаленного ионизированного газа) потому, что в вышележащих слоях солнечной атмосферы плотность вещества уменьшается настолько, что мы видим фотосферу Солнца сквозь эти слои, которые можем наблюдать лишь в особых обстоятельствах или при помощи специальных приборов.

Хромосфера толщиной около 10^4 км наблюдается во время полных солнечных затмений как красноватое кольцо вокруг Солнца. Её температура составляет десятки и сотни тысяч кельвин. Выше 1500 км хромосфера представляет собой совокупность сравнительно плотных и горячих (6000-15000 К) газовых струй и волокон. На высоту 4000-5000 км со скоростью 20 км/с поднимаются редкие изолированные столбы солнечного вещества – хромосферные **спикулы** диаметром 500-3000 км, занимающие до 0,5 % солнечной поверхности. На высоту от 10^4 – 10^5 км вздымаются **протуберанцы** – сравнительно холодные плотные облака солнечного вещества разнообразной, часто причудливой формы. Время от времени наблюдаются **хромосферные вспышки** – термоядерные взрывы с выделением энергии до 10^{25} Дж.

Корона – внешняя, наиболее разреженная часть солнечной атмосферы, обладает очень сложной и постоянно изменяющейся структурой. Корона разделяется на **внутреннюю** ($T < 1,5 \times 10^6$ К) и **внешнюю** ($T < 3 \times 10^6$ К), образующую на расстоянии в несколько радиусов Солнца поток солнечного вещества - заряженных частиц (e^- , p) и электромагнитного излучения - **солнечный ветер**, "дующий" со скоростью от 350-400 км/с на экваторе до 700 км/с на полюсах Солнца. Лучше всего хромосферу и корону наблюдать со спутников и орбитальных космических станций в УФ-вых и рентгеновских лучах.

Солнце и звезды светят потому, что в их недрах происходят термоядерные реакции превращения ядер атомов водорода в ядра атомов гелия.

Вы уже знаете, что массы звезд в сотни тысяч раз, в миллионы раз превышают массу Земли. Такая огромная масса порождает очень сильное давление верхних слоев вещества звезды на вещество вблизи её центра. Температура и давление вглубь звезды очень быстро растут: так, если температура видимой поверхности Солнца составляет около 6 000 К, то к центру Солнца она возрастает до 15 000 000 К при давлении до 2×10^{18} Па! В недрах более массивных звезд температура и давление еще выше.

Звезды почти целиком состоят из водорода и гелия: Солнце содержит 71% водорода, 26,5% гелия и лишь 2,5% других, более тяжелых химических элементов.

Под действием высоких температур и давлений в центрах звезд ядра атомов водорода - протоны - сближаются так тесно, что силы ядерного притяжения преодолевают силы электрического отталкивания. В результате этого взаимодействия протоны объединяются, образуя ядра атома гелия. Процесс идет в 3 этапа с огромным выделением энергии.

Эти термоядерные реакции носят название **протон-протонного цикла**. В более массивных звездах помимо реакций протон-протонного цикла протекают более мощные термоядерные реакции **азотно-углеродного цикла**, в которых ядра атомов азота и углерода являются катализаторами термоядерных реакций превращения водорода в гелий. Водород – "звездное топливо", "сгорающее" в недрах звезд для того, чтобы они могли жить и светить. С течением времени близ центра Солнца и других звезд становится все меньше водорода и все больше гелия.

Чем меньше масса звезды, тем ниже давление и температура в её недрах, тем слабее, с меньшим выделением энергии идут термоядерные реакции, тем дольше "сгорает", превращаясь в гелий, водород в ядре звезды и тем дольше она живет. У красных тусклых звезд-карликов долгий век - они живут десятки миллиардов лет.

Наше Солнце - желтая, средняя по своим характеристикам звезда класса **G** живет уже 5 миллиардов лет, и будет светить еще почти 8 миллиардов лет.

Существование звезд обусловлено равновесием сил тяготения и упругости (газового давления)

Наше Солнце и другие звезды можно сравнить со сверхмощными - мощностью в миллиарды миллиардов земных водородных бомб! – естественными, природными термоядерными бомбами, непрерывно взрывающимися в течение миллионов и миллиардов лет.

Почему же этот сверхмощный взрыв не разрывает, не распыляет звезду в космическом пространстве? Этому мешает сила всемирного тяготения.

Масса звезд настолько велика, что сила тяготения мешает веществу звезды разлетаться в окружающем пространстве, притягивает его к центру звезды.

На каждую частицу вещества внутри звезды постоянно действуют две силы: одна из них - сила давления световых лучей и раскаленного газа, возникающая в ходе термоядерных реакций в недрах звезды, отталкивает эту частицу вещества прочь от звезды; другая - сила тяготения - стремится притянуть её обратно. Эти силы равны по величине, но противоположны по направлению. Они уравнивают друг друга миллионы и миллиарды лет.

Солнечно-земные связи. Солнце оказывает огромное влияние на явления, происходящие на Земле. Коротковолновое его излучение определяет важнейшие физико-химические процессы в верхних слоях земной атмосферы. Видимые и ИК лучи являются основными поставщиками тепла для Земли. В различных странах мира, в том числе и в нашей стране, проводятся работы по более широкому использованию солнечной энергии для хозяйственных и промышленных целей. Солнце не только согревает и освещает Землю. Проявление солнечной активности способствует возникновению целого ряда геофизических явлений. Потоки заряженных частиц, ускоренные во вспышках, влияют на магнитное поле З. и вызывают магнитные бури, которые приводят к проникновению заряженных частиц в более низкие слои атмосферы, отчего и возникают полярные сияния. Коротковолновое излучение С. Усиливает ионизацию верхних слоев атмосферы, что сильно влияет на условия распространения радиоволн, иногда нарушается радиосвязь. Оказалось, то активные процессы на С., влияя на атмосферу и магнитное поле З., косвенным образом влияют и на сложные процессы органического мира – как животного, так и растительного. Эти воздействия и механизм в настоящее время исследуются учеными.

На заключительном этапе урока можно предложить ученикам выполнить 1-3 задачи.

Какая энергия поступает за 1 мин. от Солнца в озеро площадью 1 км в ясную погоду, если высота Солнца над горизонтом 30, а атмосфера пропускает 80% излучения?

Решение: Т.к. солнечная постоянная составляет $1,36 \text{ кВт/м}^2$ (за пределами атмосферы), то на 1 м^2 озера за 1 сек поступает энергия, равная

$$1,36 \cdot 10^3 \text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2) \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 544 \text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2), \text{ а на всю его площадь за 1 мин:}$$

$$544 \text{ Дж/(с} \cdot \text{м}^2) \cdot 60 \text{ с} \cdot 10^6 \text{ м}^2 = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ Дж.}$$

Какая мощность излучения в среднем приходится на 1 кг солнечного вещества?

Решение: зная полную мощность излучения Солнца (его светимость $L = 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$) и его массу ($M = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$), нетрудно рассчитать, что искомая величина составляет $2 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/кг}$.

Итоги урока: ответить на вопросы учителя, анализируя усвоенный материал.