

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение Куртамышского района «Куртамышская средняя общеобразовательная школа №2»	
<p>«Рассмотрено» На заседании школьного методического объединения (ШМО) Муниципального казенного общеобразовательного учреждения Куртамышского района «Куртамышская СОШ №2»,</p> <p>Протокол № 1 от 30.08.2021 г. Руководитель ШМО <u>В.К.И.</u> /</p>	<p>«Утверждено» На заседании Педагогического совета Муниципального казенного общеобразовательного учреждения Куртамышского района «Куртамышская СОШ №2»,</p> <p>Протокол № 1 от 30.08.2021 г.</p>
<p>«Введено в действие», приказ от 31.08.2021 г. № 134 Директор _____ Л.Л. Малетина</p>	<p>«Введено в действие», приказ от <u>31.08.2022 г. № 169</u> Директор _____ Л.Л. Малетина</p>
<p>«Введено в действие», приказ от <u>30.08.2023 г. № 150</u> Директор <u>Мал</u> Л.Л. Малетина</p>	<p>«Введено в действие», приказ от _____ Директор _____ Л.Л. Малетина</p>

Рабочая программа

учебного предмета «Астрономия» организационного раздела ООП

учебного плана (10-11 класс, базовый уровень)

Составитель: Кирьянов В.С., учитель высшей категории

г. Куртамыш – 2022 г.

Пояснительная записка

Данная рабочая программа составлена в соответствии с:

- приказом Министерства образования и науки РФ от 07 июля 2017 года № 506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального, основного и среднего полного общего образования», утвержденного приказом Минобра РФ от 05 марта 2004 года № 1089;
- письмом Министерства образования и науки РФ от 20 июня 2017 г. № ТС-194/08 "Об организации изучения учебного предмета "Астрономия";
- примерной программой «Астрономия 10-11» для общеобразовательных школ, рекомендованной Министерством Образования и Науки РФ (авторской программой УМК В.М. Чаругин, Просвещение, 2017 г.).

Рабочая программа ориентирована на использование базового УМК В.М.Чаругина «Астрономия 10-11 классы», 2018 г. Количество часов, отводимых на изучение предмета: 33 часа. Модель преподавания: 1 ч в неделю в 11 классе, либо в полугодиях 10 и 11 классов, утверждается ежегодно.

Содержанием рабочей программы по астрономии предполагается реализовать актуальные в настоящее время компетентностный, личностно-ориентированный, деятельностный подходы, которые определяют *задачи обучения*:

- Приобретение знаний и умений для использования в практической деятельности и повседневной жизни;
- Владение способами познавательной, информационно-коммуникативной и рефлексивной деятельности;
- Освоение познавательной, информационной, коммуникативной, рефлексивной компетенций.

Компетентностный подход определяет следующие особенности предъявления содержания образования:

оно представлено в виде девяти тематических блоков, обеспечивающих формирование компетенций. Таким образом, календарно-тематическое планирование обеспечивает взаимосвязанное развитие и совершенствование ключевых, общепредметных и предметных компетенций.

Личностная ориентация образовательного процесса выявляет приоритет воспитательных и развивающих целей обучения. Способность учащихся понимать причины и логику развития физических процессов открывает возможность для осмысленного восприятия всего разнообразия мировоззренческих, социокультурных систем, существующих в современном мире. Система учебных занятий призвана способствовать развитию личностной самоидентификации, гуманитарной культуры школьников, их приобщению к современной физической науке и технике, усилению мотивации к социальному познанию и творчеству, воспитанию личностно и общественно востребованных качеств, в том числе гражданственности, толерантности.

Деятельностный подход отражает стратегию современной образовательной политики: необходимость воспитания человека и гражданина, интегрированного в современное ему общество, нацеленного на совершенствование этого общества. Система уроков сориентирована не столько на передачу «готовых знаний», сколько на формирование активной личности, мотивированной к самообразованию, обладающей достаточными навыками и психологическими установками к самостоятельному поиску, отбору, анализу и использованию информации. Это поможет выпускнику адаптироваться в мире, где объем информации растет в геометрической прогрессии, где социальная и профессиональная успешность напрямую зависят от позитивного

отношения к новациям, самостоятельности мышления и инициативности, от готовности проявлять творческий подход к делу, искать нестандартные способы решения проблем, от готовности к конструктивному взаимодействию с людьми.

Основой целеполагания является обновление требований к уровню подготовки выпускников, отражающее важнейшую особенность педагогической концепции государственного стандарта— переход от суммы «предметных результатов» (то есть образовательных результатов, достигаемых в рамках отдельных учебных предметов) к межпредметным и интегративным результатам. Такие результаты представляют собой обобщенные способы деятельности, которые отражают специфику не отдельных предметов, а ступеней общего образования. В государственном стандарте они зафиксированы как общие учебные умения, навыки и способы человеческой деятельности, что предполагает повышенное внимание к развитию межпредметных связей курса.

Дидактическая модель обучения и педагогические средства отражают модернизацию основ учебного процесса, их переориентацию на достижение конкретных результатов в виде сформированных умений и навыков учащихся, обобщенных способов деятельности. Особое внимание уделяется познавательной активности учащихся, их мотивированности к самостоятельной учебной работе.

Система заданий призвана обеспечить тесную взаимосвязь различных способов и форм учебной деятельности: использование различных алгоритмов усвоения знаний и умений при сохранении единой содержательной основы курса, внедрение групповых методов работы, творческих заданий, в том числе методики исследовательских проектов.

Спецификой учебной проектно-исследовательской деятельности является ее направленность на развитие личности, и на получение объективно нового исследовательского результата.

Цель учебно-исследовательской деятельности — приобретение учащимися познавательно-исследовательской компетентности, проявляющейся в овладении универсальными способами освоения действительности, в развитии способности к исследовательскому мышлению, в активизации личностной позиции учащегося в образовательном процессе.

Акцентированное внимание к продуктивным формам учебной деятельности предполагает актуализацию информационной компетентности учащихся: формирование простейших навыков работы с источниками, (картографическими и хронологическими) материалами. В требованиях к выпускникам старшей школы ключевое значение придается комплексным умениям по поиску и анализу информации, представленной в разных знаковых системах (текст, таблица, схема, аудиовизуальный ряд), использованию методов электронной обработки при поиске и систематизации информации.

Специфика целей и содержания изучения астрономии на базовом уровне существенно повышает требования к рефлексивной деятельности учащихся: к объективному оцениванию своих учебных достижений, поведения, черт своей личности, способности и готовности учитывать мнения других людей при определении собственной позиции и самооценке, понимать ценность образования как средства развития культуры личности.

Требования к уровню подготовки учащихся 11 класса должны знать:

1. Знать, понимать

- смысл понятий: геоцентрическая и гелиоцентрическая система, видимая звездная величина,

созвездие, противостояния и соединения планет, комета, астероид, метеор, метеорит,

метеороид, планета, спутник, звезда, Солнечная система, Галактика, Вселенная, всемирное

и поясное время, внесолнечная планета (экзопланета), спектральная классификация звезд,

параллакс, реликтовое излучение, Большой Взрыв, черная дыра;

- смысл физических величин: парсек, световой год, астрономическая единица, звездная

величина;

- смысл физического закона Хаббла;

- основные этапы освоения космического пространства;

- гипотезы происхождения Солнечной системы;

- основные характеристики и строение Солнца, солнечной атмосферы;

- размеры Галактики, положение и период обращения Солнца относительно центра Галактики;

-Имена выдающихся астрономов, специфику астрономических наблюдений, основные элементы небесной сферы, теорему о высоте Полюса мира, принципы определения горизонтальных и экваториальных координат светил, связь смены сезонов года с годовым движением Земли вокруг Солнца, принципы разделения поверхности Земли на климатические пояса, особенности различных способов счета времени, принципы, лежащие в основе составления календарей, понятие астрономической единицы, гелиоцентрическую картину строения Солнечной системы, конфигурации внутренних и внешних планет, законы движения планет, принципы, лежащие в основе выбора траекторий космических станций к телам Солнечной системы, причины возникновения приливных сил и их влияние на движение тел Солнечной системы, различные свойства тел Солнечной системы;

-Понятия: звездной величины, параллакса, светимости, главной последовательности, солнечной постоянной, конвекции, конвективной зоны, фотосферы, гранул, хромосферы, солнечной короны, протуберанца, солнечных вспышек, солнечных пятен, солнечного ветра, Млечного пути, Галактики, звездного скопления, рассеянных и шаровых скоплений, тангенциальной и лучевой скоростей, межзвездной среды, разреженного газа, межзвездной пыли, газопылевого слоя, светлых и темных туманностей, космических лучей, гравитационной конденсации, протопланетных дисков галактик, эллиптических, спиральных и неправильных галактик, скоплений галактик, взаимодействующих галактик, галактик с активными ядрами, радиогалактик, квазаров, реликтового излучения;

- Гипотезу о существовании жизни во Вселенной, характер движения звезд в диске и сферической составляющей Галактики, общие представления о размере и структуре Галактики, направление на центр Галактики, возможность использования спектрального анализа для изучения небесных объектов, физический смысл закона Вина и принципа Доплера, принцип работы, назначение и возможности телескопов;

- связь физических характеристик звезд между собой: температуры, светимости, звездной величины, цвета, массы, плотности, размера, связь земных явлений с активностью Солнца, методы определения расстояний (методы геометрического и спектрального параллакса), особенности физического состояния вещества внутри звезд,

источники энергии звёзд, наблюдательные особенности белых карликов, нейтронных звёзд, переменных звёзд, новых и сверхновых звёзд, особенности эволюции звёзд различной массы, метод определения расстояний по красному смещению, закон Хаббла, сущность однородных изотропных моделей Вселенной, о возможностях наблюдения далёких галактик в эпоху их "молодости".

2. Уметь

- приводить примеры: роли астрономии в развитии цивилизации, использования методов исследований в астрономии, различных диапазонов электромагнитных излучений

для получения информации об объектах Вселенной, получения астрономической информации с помощью космических аппаратов и спектрального анализа, влияния солнечной активности на Землю;

- описывать и объяснять: различия календарей, условия наступления солнечных и лунных затмений, фазы Луны, суточные движения светил, причины возникновения приливов

и отливов; принцип действия оптического телескопа, взаимосвязь физико-химических

характеристик звезд с использованием диаграммы "цвет-светимость", физические причины,

определяющие равновесие звезд, источник энергии звезд и происхождение химических

элементов, красное смещение с помощью эффекта Доплера;

- характеризовать особенности методов познания астрономии, основные элементы и

свойства планет Солнечной системы, методы определения расстояний и линейных размеров

небесных тел, возможные пути эволюции звезд различной массы;

- находить на небе основные созвездия Северного полушария, в том числе: Большая Медведица, Малая Медведица, Волопас, Лебедь, Кассиопея, Орион; самые яркие звезды, в

том числе: Полярная звезда, Арктур, Вега, Капелла, Сириус, Бетельгейзе;

- использовать компьютерные приложения для определения положения Солнца, Луны

и звезд на любую дату и время суток для данного населенного пункта;

- использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для: понимания взаимосвязи астрономии с другими науками, в основе

которых лежат знания по астрономии, отделение ее от лженаук; оценивания информации,

содержащейся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях.

- Находить на небе ярчайшие звезды, работать со звёздной картой (определять координаты звёзд, положение Солнца в любой день года, видимую область небесной сферы для данной широты в заданное время года и суток, решать задачи на определение высоты и зенитного расстояния светила в моменты кульминации, географической широты точек земной поверхности по астрономическим наблюдениям, лунных фаз, периодов возможного наступления затмений, синодического и сидерического периодов планет, расстояний до небесных тел и их параллаксов, конфигураций планет;

- использование формул: законов Кеплера, закона всемирного тяготения, 1-й и 2-й космических скоростей, пользоваться астрономическим календарём для получения сведений о движении и возможностях наблюдения тел Солнечной системы;
- нахождение тел Солнечной системы на небе во время наблюдений;
- решение задач на использование принципа Доплера и закона Вина, на определение массы небесных тел по скоростям орбитального движения, на определение расстояний до звёзд, на связь между светимостью, радиусом и температурой звезды, на определение расстояний до галактик;
- оценивать разрешающую способность (дифракционную) телескопов, пользоваться шкалой звёздных величин, диаграммой "температура-светимость", связывать тангенциальную и лучевую скорости небесного тела с его пространственной скоростью, грубо оценивать массу Галактики по скорости кругового движения звёзд, различать на фотографиях различные типы звёздных скоплений и межзвёздных туманностей, определять расстояние до галактик по красному смещению, объяснять смысл понятий "расширяющаяся Вселенная" и "реликтовое излучение".

Планируемые результаты освоения учебного предмета "Астрономия" (базовый уровень) по итогам обучения в 11 классе

должны отражать:

- 1) сформированность представлений о строении Солнечной системы, эволюции звезд и Вселенной, пространственно-временных масштабах Вселенной;
- 2) понимание сущности наблюдаемых во Вселенной явлений;
- 3) владение основополагающими астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями, уверенное пользование астрономической терминологией и символикой;
- 4) сформированность представлений о значении астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии;
- 5) осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства и развитии международного сотрудничества в этой области.

Обучающиеся должны

- Получить представления о структуре и масштабах Вселенной и месте человека в ней. Узнать о средствах, которые используют астрономы, чтобы заглянуть в самые удалённые уголки Вселенной и увидеть небесные тела не только в недоступных с Земли диапазонах длин волн электромагнитного излучения, но и узнать о новых каналах получения информации о небесных телах с помощью нейтринных и гравитационноволновых телескопов.

- Узнать о наблюдаемом сложном движении планет, Луны и Солнца, их интерпретации. Какую роль играли наблюдения затмений Луны и Солнца в жизни общества и история их научного объяснения. Как на основе астрономических явлений люди научились измерять время и вести календарь.

- Узнать, как благодаря развитию астрономии люди пришли от представления геоцентрической системы мира к революционным представлениям гелиоцентрической системы мира. Как на основе последней были открыты законы, управляющие движением планет и, в конце концов, закон Всемирного тяготения.

- На примере использования закона всемирного тяготения, получить представления о космических скоростях, на основе которых рассчитываются траектории полётов космических аппаратов к планетам. Узнать, как проявляет себя всемирное тяготение на явлениях в системе Земля-Луна и эволюцию этой системы в будущем.

- Узнать о современном представлении, о строении Солнечной системы, о строении Земли как планета и природе парникового эффекта, о свойствах планет земной группы и планет гигантов, и об исследованиях астероидов, комет, метеороидов, и нового класса небесных тел карликовых планет.

- Получить представление о методах астрофизических исследованиях и законах физики, которые используются для изучения физически свойств небесных тел.

- Узнать природу Солнца и его активности, как солнечная активность влияет на климат и биосферу Земли, как на основе законов физики можно рассчитать внутреннее строение Солнца и как наблюдения за потоки нейтрино от Солнца удалось заглянуть в центр Солнце и узнать о термоядерном источнике энергии.

- Узнать, как определяют основные характеристики звёзд и их взаимосвязь между собой, о внутреннем строении звёзд и источниках их энергии; о необычности свойств звёзд белых карликов, нейтронных звёзд и чёрных дыр. Узнать, как рождаются, живут и умирают звёзды.

- Узнать, как по наблюдениям пульсирующих звёзд цефеид определять расстояния до других галактик, как астрономы по наблюдениям двойных и кратных звёзд определяют их массы.

- Получить представления о взрывах новых и сверхновых звёзд и как в звёздах образуются тяжёлые химические элементы.

- Узнать, как устроена наша Галактика – Млечный Путь, как распределены в ней рассеянные и шаровые звёздные скопления, и облака межзвёздного газа и пыли. Как с помощью наблюдений в инфракрасных лучах удалось проникнуть через толщу межзвёздного газа и пыли проникнуть в центр Галактики, увидеть движение звёзд в нём вокруг сверхмассивной чёрной дыры.

- Получить представление о различных типах галактик, узнать о проявлениях активности галактик и квазаров, и распределении галактик в пространстве и формировании скоплений и ячеистой структуры их распределения.

- Узнать о строении и эволюции уникального объекта Вселенной в целом. Проследить за развитием представлений о конечности и бесконечности Вселенной, о фундаментальных парадоксах, связанных с ними.

- Понять, как из наблюдаемого красного смещения в спектрах далёких галактик пришли к выводу о нестационарности, расширении Вселенной, и, что в прошлом она была не только плотной, но и горячей и, что наблюдаемое реликтовое излучение подтверждает этот важный вывод современной космологии.

- Узнать, как открыли ускоренное расширение Вселенной и его связью с темной энергией и всемирной силой отталкивания, противостоящей всемирной силе тяготения.

- Узнать об открытии экзопланет – планет около других звёзд и современном состоянии проблемы поиска и связи с внеземными цивилизациями.

- Научиться проводить простейшие астрономические наблюдения, ориентироваться среди ярких звёзд и созвездий, измерять высоты звёзд и Солнца, определять астрономическими методами время, широту и долготу места наблюдений, измерять диаметр Солнца и измерять солнечную активность и её зависимость от времени.

Содержание курса

Введение в астрономию (1 час)

Строение и масштабы Вселенной, и современные наблюдения

Какие тела заполняют Вселенную. Каковы их характерные размеры и расстояния между ними. Какие физические условия встречаются в них. Вселенная расширяется.

Где и как работают самые крупные оптические телескопы. Как астрономы исследуют гамма излучение Вселенной. Что увидели гравитационно волновые и нейтринные телескопы.

Астрометрия (5 часов)

Звёздное небо и видимое движение небесных светил

Какие звёзды входят в созвездия Ориона и Лебедя. Солнце движется по эклиптике. Планеты совершают петлеобразное движение.

Небесные координаты

Что такое небесный экватор и небесный меридиан. Как строят экваториальную систему небесных координат. Как строят горизонтальную систему небесных координат.

Видимое движение планет и Солнца

Петлеобразное движение планет, попятное и прямое движение планет. Эклиптика, зодиакальные созвездия. Неравномерное движение Солнца по эклиптике.

Движение Луны и затмения

Фазы Луны и синодический месяц, условия наступления солнечного и лунные затмения.

Почему происходят солнечные затмения. Сарос и предсказания затмений

Время и календарь

Звёздное и солнечное время, звёздный и тропический год.

Устройство лунного и солнечного календаря, проблемы их согласования Юлианский и григорианский календари.

Небесная механика (3 часа)

Гелиоцентрическая система мира

Представления о строении Солнечной системы в античные времена и в средневековье. Гелиоцентрическая система мира, доказательство вращения Земли вокруг Солнца. Параллакс звезд и определение расстояния до них, парсек.

Законы Кеплера движения планет

Открытие И.Кеплером законов движения планет. Открытие закона Всемирного тяготения и обобщённые законы Кеплера. Определение масс небесных тел.

Космические скорости

Расчёты первой и второй космической скорости и их физического смысла. Полёт Ю.А. Гагарина вокруг Земли по круговой орбите.

Межпланетные перелёты

Понятие оптимальной траектории полёта к планете. Время полёта к планете и даты стартов.

Луна и её влияние на Землю

Лунный рельеф и его природа, Приливное взаимодействие между Луной и Землёй. Удаление Луны от Земли и замедление вращения Земли. Прецессия земной оси и предварение равноденствий.

Строение солнечной системы (7 часов)

Современные представления о Солнечной системе.

Состав Солнечной системы. Планеты земной группы и планеты гиганты их принципиальные отличия. Облако комет Оорта и пояс Койпера. Размеры тел солнечной системы.

Планета Земля

Форма и размеры Земли. Внутреннее строение Земли. Роль парникового эффекта в формировании климата Земли

Планеты земной группы

Исследования Меркурия, Венеры и Марса, их схожесть с Землёй. Как парниковый эффект греет поверхность Земли и перегревает атмосферу Венеры. Есть ли жизнь на Марсе. Эволюция орбит спутников Марса Фобоса и Деймоса.

Планеты гиганты

Физические свойства Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Вулканической деятельности на спутнике Юпитера Ио. Природа колец вокруг планет гигантов.

Планеты карлики и их свойства.

Малые тела Солнечной системы

Природа и движение астероидов. Специфика движения групп астероидов Троянцев и Греков. Природа и движение комет. Пояс Койпера и Облако комет Оорта. Природа метеоров и метеоритов.

Метеоры и метеориты

Природа «падающих звёзд», метеорные потоки и их радианты. Связь между метеорными потоками и кометами. Природа каменных и железных метеоритов. Природа метеоритных кратеров.

Астрофизика и звездная астрономия (7 часов)

Методы астрофизических исследований

Устройство и характеристики телескопов рефракторов и рефлекторов. Устройство радиотелескопов, радиоинтерферометры.

Солнце

Основные характеристики Солнца. Определение массы, температуры и химического состава Солнца. Строение солнечной атмосферы. Солнечная активность и её влияние на Землю и биосферу.

Внутреннее строение Солнца

Теоретический расчёт температуры в центре Солнца. Ядерный источник энергии и термоядерные реакции синтеза гелия из водорода, перенос энергии из центра Солнца наружу, конвективная зона. Нейтринный телескоп и наблюдения потока нейтрино от Солнца.

Звёзды

Основные характеристики звёзд

Определение основных характеристик звёзд массы, светимости, температуры и химического состава. Спектральная классификация звезд и её

физические основы. Диаграмма спектральный класс— светимость звёзд, связь между массой и светимостью звезд

Внутреннее строение звёзд

Строение звёзды главной последовательности.

Строение звёзд красных гигантов и сверхгигантов.

Белые карлики, нейтронные звёзды, пульсары и чёрные дыры

Строение звёзд белых карликов и предел на их массу — предел Чандрасекара. Пульсары и нейтронные звёзды. Природа чёрных дыр и их параметры.

Двойные, кратные и переменные звёзды

Наблюдения двойных и кратных звёзд, Затменно-переменные звёзды. Определение масс двойных звёзд. Пульсирующие переменные звёзды, кривые изменения блеска цефеид. Зависимость между светимостью и периодом пульсаций у цефеид. Цефеиды —

маяки во Вселенной, по которым определяют расстояния до далёких скоплений и галактик.

Новые и сверхновые звёзды

Характеристики вспышек новых звёзд. Связь новых звёзд с тесными двойными системами, содержащих звезду белый карлик. Перетекание вещества и ядерный взрыв на поверхности белого карлика. Как взрываются сверхновые звёзды. Характеристики вспышек сверхновых звёзд. Гравитационный коллапс белого карлика с массой Чандрасекара в составе тесной двойной звезды – вспышка сверхновой первого типа. Взрыв массивной звезды в конце своей эволюции – взрыв сверхновой второго типа. Наблюдение остатков взрывов сверхновых звёзд.

Эволюция звёзд: рождение жизнь и смерть звёзд

Расчёт продолжительности жизни звёзд разной массы на главной последовательности. Переход в красные гиганты и сверхгиганты после исчерпания водорода. Спокойная эволюция маломассивных звёзд, и гравитационный коллапс и взрыв с образованием нейтронной звезды или чёрной дыры массивной звезды. Определение возраста звёздных скоплений и отдельных звёзд и проверка теории эволюции звёзд.

Млечный путь (3 часа)

Газ и пыль в Галактике

Как образуются отражательные туманности почему светятся диффузные туманности

Как концентрируются газовые и пылевые туманности в Галактике

Рассеянные и шаровые звёздные скопления

Наблюдаемые свойства рассеянных звёздных скоплений. Наблюдаемые свойства шаровых звёздных скоплений. Распределение и характер движения скоплений в Галактике. Распределение звёзд, скоплений, газа и пыли в Галактике.

Сверхмассивная чёрная дыра в центре Галактики и космические лучи.

Инфракрасные наблюдения движения звёзд в центре Галактики и обнаружение в нём сверхмассивной черной дыры. Расчёт

параметров сверхмассивной чёрной дыры. Наблюдения космических лучей и их связь со взрывами сверхновых звёзд. Галактики

Как классифицировали галактики по форме и камертонная диаграмма Хаббла. Свойства спиральных, эллиптических и неправильных галактик. Красное смещение в спектрах галактик и определение расстояния до них. Закон Хаббла

Вращение галактик и тёмная материя в них.

Активные галактики и квазары

Природа активности галактик, радиогалактики и взаимодействующие галактики. Необычные свойства квазаров, их связь с ядрами галактик и активностью чёрных дыр в них.

Скопления галактик

Наблюдаемые свойства скоплений галактик, рентгеновское излучение, температура и масса межгалактического газа, необходимость существования тёмной материи в скоплениях галактик. Оценка массы тёмной материи в скоплениях. Ячеистая структура распределения галактики скоплений галактик.

Строение и эволюция Вселенной (2 часа)

Конечность и бесконечность Вселенной – парадоксы классической космологии.

Закон Всемирного тяготения и представления о конечности и бесконечности Вселенной. Фотометрический парадокс и противоречия классических представлений о

строении Вселенной и наблюдениями. Необходимость привлечения общей теории относительности для построения модели Вселенной. Связь между геометрическими свойствами пространства Вселенной с распределением и движением материи в ней.

Расширяющаяся Вселенная

Связь средней плотности материи с законом расширения и геометрическими свойствами Вселенной. Евклидова и Неевклидова геометрия Вселенной. Определение радиуса и возраста Вселенной.

Модель «горячей Вселенной» и реликтовое излучения

Образование химических элементов во Вселенной. Обилие гелия во Вселенной и необходимость образования его на ранних этапах эволюции Вселенной. Необходимость не только высокой плотности вещества, но и его высокой температуры на ранних этапах эволюции Вселенной. Реликтовое излучение – излучение которое осталось во Вселенной от горячего и сверх плотного состояния материи на ранних этапах жизни Вселенной. Наблюдаемые свойства реликтового излучения. Почему необходимо привлечение общей теории относительности для построения модели Вселенной.

Современные проблемы астрономии (2 часа)

Ускоренное расширение Вселенной и тёмная энергия.

Наблюдения сверхновых звёзд I типа в далёких галактиках и открытие ускоренного расширения Вселенной. Открытие силы Всемирного отталкивания. Тёмная энергия увеличивает массу Вселенной по мере её расширения. Природа силы Всемирного отталкивания.

Обнаружение планет возле других звёзд.

Наблюдения за движением звёзд и определения масс невидимых спутников звёзд, возмущающих их прямолинейное движение. Методы обнаружения экзопланет. Оценка условий на поверхностях экзопланет. Поиск экзопланет с комфортными условиями для жизни на них

Поиски жизни и разума во Вселенной

Развитие представлений о возникновении и существовании жизни во Вселенной. Современные оценки количества высокоразвитых цивилизаций в Галактике. Попытки обнаружения и посылки сигналов внеземным цивилизациям.

Учебно-тематический план

№ раздела	Название раздела	Количество часов
1	Введение в астрономию	1
2	Астрометрия	5
3	Небесная механика	3
4	Строение Солнечной системы	7
5	Астрофизика и звёздная астрономия	7
6	Млечный путь	3
7	Галактики	3
8	Строение и эволюция Вселенной	2
9	Современные проблемы астрономии	2
	Всего	33

1. Пояснительная записка.
2. Требования к уровню подготовки выпускников
3. Содержание тем учебного курса.
4. Учебно-тематический план.
5. Календарно-тематическое планирование.
6. Перечень литературы

КАЛЕНДАРНО - ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

1 ч в неделю. Всего за 1 год обучения 33 ч

	Темы, входящие в разделы примерной программы	Основное содержание по темам	Знать/понимат ь:	Уметь:
1	Введение (1 ч)			
11	Введение в астрономию	<p style="text-align: center;">Урок 1</p> <p>Введение в астрономию</p> <p>Астрономия – наука о космосе. Понятие Вселенной. Структуры и масштабы Вселенной. Далёкие глубины Вселенной</p> <p style="text-align: right;"><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 1, 2;.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - что изучает астрономия; - роль наблюдений в астрономии; - значение астрономии; - что такое Вселенная; - структура и масштабы Вселенной; 	
2	Астрометрия (5 ч)			
22	Звёздное небо	<p style="text-align: center;">Урок 2.</p> <p>Звёздное небо</p> <p>Звездное небо. Что такое созвездие. Основные созвездия северного полушария</p> <p style="text-align: right;"><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> - что такое созвездие; - названия некоторых созвездий, их конфигурацию, альфу каждого из этих созвездий; - основные точки, линии и круги на небесной сфере: 	-
23	Небесные координаты	<p style="text-align: center;">Урок 3.</p> <p>Небесные координаты</p> <p>Небесный экватор и небесный меридиан; горизонтальные, экваториальные координаты; кульминации светил. Горизонтальная система координат. Экваториальная система координат.</p> <p style="text-align: right;"><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> - горизонт, - полуденная линия, - небесный меридиан, - небесный экватор, - эклиптика, - зенит, - полюс мира, - ось мира, - точки равноденствий и солнцестояний; - теорему о высоте полюса мира над горизонтом; 	<ul style="list-style-type: none"> использовать подвижную звездную карту для решения следующих задач: <ul style="list-style-type: none"> а) определять координаты звёзд, нанесенных на карту; б) по заданным координатам объектов (Солнце, Луна, планеты) наносить их положение на карту; в) Устанавливать карту на любую дату и время суток, ориентировать её и определять условия видимости светил. - решать задачи на связь высоты светила в
24	Видимое движение планет и Солнца	<p style="text-align: center;">Урок 4.</p> <p>Видимое движение планет и Солнца</p> <p>Эклиптика, точка весеннего равноденствия, неравномерное</p>	<ul style="list-style-type: none"> - основные понятия сферической и практической астрономии; - кульминация и высота 	<ul style="list-style-type: none"> определять условия видимости светил. - решать задачи на связь высоты светила в

		<p>движение Солнца по эклиптике</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 5</p>	<p>светила над горизонтом;</p> <ul style="list-style-type: none"> - прямое восхождение и склонение; - сутки; - отличие между новым и старым стилями. - величины: - угловые размеры Луны и Солнца; - даты равноденствий и солнцестояний; - угол наклона эклиптики к экватору, - соотношения между мерами и мерами времени для измерения углов; - продолжительность года; - число звезд видимых невооруженным взглядом. - принципы определения географической широты и долготы по астрономическим наблюдениям; - причины и характер видимого движения звезд и Солнца, а также годовичного движения Солнца. 	<p>кульминации с географической широтой места наблюдения;</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять высоту светила в кульминации и его склонение; - географическую высоту места наблюдения; - рисовать чертеж в соответствии с условиями задачи. - осуществлять переход к разным системам счета времени. - находить стороны света по Полярной звезде и полуденному Солнцу; - отыскивать на небе следующие созвездия и наиболее яркие звезды в них: - Большую Медведицу, - Малую Медведицу (с Полярной звездой), - Кассиопею, - Лиру (с Вегой), - Орел (с Альтаиром), - Лебедь (с Денебом), - Возничий (с Капеллой), - Волопас (с Арктуром), - Северную корону, - Орион (с Бетельгейзе), - Телец (с Альдебараном), - Большой Пес (с Сириусом).
25	<p>Движение Луны и затмения</p>	<p>Урок 5. Движение Луны и затмения</p> <p>Синодический месяц, узлы лунной орбиты, почему происходят затмения, Сарос и предсказания затмений</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 6</p>		
26	<p>Время и календарь</p>	<p>Урок 6. Время и календарь</p> <p>Солнечное и звездное время, лунный и солнечный календарь, юлианский и грегорианский календарь</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 7</p>		

3		Небесная механика (3 ч)		
37	Система мира	<p>Урок 7. Система мира Геоцентрическая и гелиоцентрическая система мира; объяснение петлеобразного движения планет; доказательства движения Земли вокруг Солнца; годичный параллакс звезд</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 8</p>	<p>- понятия: - гелиоцентрическая система мира; - геоцентрическая система мира; - синодический период; - звездный период; - горизонтальный параллакс; - угловые размеры светил;</p>	<p>- применять законы Кеплера и закон всемирного тяготения при объяснении движения планет и космических аппаратов; - решать задачи на расчет расстояний по известному параллаксу (и наоборот), линейных и угловых размеров небесных тел, расстояний планет от Солнца и периодов их обращения по третьему закону Кеплера.</p>
38	Законы Кеплера движения планет	<p>Урок 8. Законы Кеплера движения планет Обобщённые законы Кеплера и определение масс небесных тел</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 9</p>	<p>- первая космическая скорость; - вторая космическая скорость; - способы определения размеров и массы Земли;</p>	
39	Космические скорости и межпланетные перелёты	<p>Урок 9. Космические скорости и межпланетные перелёты Первая и вторая космические скорости; оптимальная полуэллиптическая орбита КА к планетам, время полёта к планете</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 10, 11;</p>	<p>- способы определения расстояний до небесных тел и их масс по закону Кеплера; - законы Кеплера и их связь с законом тяготения.</p>	
4		Строение Солнечной системы (7 ч)		
410	Современные представления о строении и составе Солнечной системы	<p>Урок 10. Современные представления о строении и составе Солнечной системы Об отличии планет земной группы и планет гигантов; о планетах</p>	<p>- происхождение Солнечной системы; - основные закономерности в Солнечной системе; - космогонические гипотезы;</p>	<p>- пользоваться планом Солнечной системы и справочными данными; - определять по «Астрономическому календарю»</p>

		карликах; малых телах; о поясе Койпера и облаке комет Оорта <i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 12;	- система Земля-Луна; - основные движения Земли; - форма Земли; - природа Луны; - общая	какие планеты и в каких созвездиях видны на небе в данное время; -находить планеты на небе, отличая их от звезд;
1	41 Планета Земля	Урок 11. Планета Земля Форма Земли, внутреннее строение, атмосфера и влияние парникового эффекта на климат Земли <i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 13;	характеристика планет земной группы (атмосфера, поверхность); - общая характеристика планет гигантов (атмосфера; поверхность); - спутники и кольца планет-гигантов;	- применять законы Кеплера и закон всемирного тяготения при объяснении движения планет и космических аппаратов; - решать задачи на расчет расстояний по известному параллаксу (и наоборот), линейных и угловых размеров небесных тел, расстояний планет от Солнца и периодов их обращения по третьему закону Кеплера.
2	41 Луна и ее влияние на Землю	Урок 12. Луна и ее влияние на Землю Формирование поверхности Луны; природа приливов и отливов на Земле и их влияние на движение Земли и Луны; процессия земной оси и движение точки весеннего равноденствия <i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 14;	- астероиды и метеориты; - пояс астероидов; - кометы и метеоры.	
3	41 Планеты земной группы	Урок 13. Планеты земной группы Физические свойства Меркурия, Марса и Венеры; исследования планет земной группы космическими аппаратами <i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 15;		
4	41 Планеты-гиганты. Планеты-карлики	Урок 14. Планеты-гиганты. Планеты-карлики Физические свойства Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна;		

		<p>вулканическая деятельность на спутнике Юпитера Ио; природа колец вокруг планет-гигантов; планеты-карлики</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 16;</p>		
5	41 Малые тела Солнечной системы	<p>Урок 15. Малые тела Солнечной системы Физическая природа астероидов и комет; пояс Койпера и облако комет Оорта; природа метеоров и метеоритов</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 17;</p>		
6	41 Современные представления о происхождении Солнечной системы.	<p>Урок 16. Современные представления о происхождении Солнечной системы Современные представления о происхождении Солнечной системы</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 18</p>		
5	Астрофизика и звёздная астрономия (7 ч)			
7	51 Методы астрофизических исследований	<p>Урок 17. Методы астрофизических исследований Принцип действия и устройство телескопов, рефракторов и рефлекторов; радиотелескопы и радиоинтерферометры</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 19;</p>	<p>- основные физические характеристики Солнца: - масса, - размеры, - температура. - схему строения Солнца и физические процессы, происходящие в его недрах и атмосфере; - основные проявления солнечной активности, их причины,</p>	<p>- применять основные положения ведущих физических теорий при объяснении природы Солнца и звезд; - решать задачи на расчет расстояний до звезд по известному годичному параллаксу и обратные, на сравнение различных звезд</p>
8	51 Солнце	<p>Урок 18. Солнце</p>		

		<p>Определение основных характеристик Солнца; строение солнечной атмосферы; законы излучения абсолютно твёрдого тела и температура фотосферы и пятен; проявление солнечной активности и её влияние на климат и биосферу Земли</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 20;</p>	<p>периодичность и влияние на Землю;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные характеристики звезд; в сравнении с Солнцем: - спектры, - температуры, - светимости. - пульсирующие и взрывающиеся звезд; - порядок расстояния до звезд, способы определения и размеров звезд; - единицы измерения расстояний: - парсек, - световой год. - важнейшие закономерности мира звезд; - диаграмма «спектр – светимость» и «масса – светимость»; - способ определения масс двойных звезд; - основные параметры состояния звездного вещества: - плотность, - температура, - химический состав, - физическое состояние. - важнейшие понятия: - годичный параллакс, светимость, - абсолютная звездная величина; - устройство и назначение телескопа; - устройство и назначение рефракторов и рефлекторов. 	<p>по светимостям, размерам и температурам;</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать диаграммы «Спектр – светимость» и «масса – светимость»; - находить на небе звезды: Альфы: Малой Медведицы, Лиры, Лебеда, Орла, Ориона, Близнецов, Возничего, Малого Пса, Большого пса, Тельца.
9	51	<p>Внутреннее строение и источник энергии Солнца</p>	<p>Урок 19.</p> <p>Внутреннее строение и источник энергии Солнца</p> <p>Расчёт температуры внутри Солнца; термоядерный источник энергии Солнца и перенос энергии внутри Солнца; наблюдения солнечных нейтрино</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 21;</p>	
0	52	<p>Основные характеристики звезд</p>	<p>Урок 20.</p> <p>Основные характеристики звезд</p> <p>Определение основных характеристик звезд; спектральная классификация звезд; диаграмма спектр-совместимость и распределение звезд на ней; связь массы со светимостью звезд главной последовательности; звезды красные гиганты; сверхгиганты и белые карлики</p>	

		<p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 22-23;</p>			
1	52	<p>Белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. Двойные, кратные и переменные звёзды</p>	<p>Урок 21. Белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. Двойные, кратные и переменные звёзды Особенности строения белых карликов и предел Чандрасекара на их массу; пульсары и нейтронные звёзды; понятие черной дыры; наблюдения двойных звёзд и определение их масс; пульсирующие переменные звёзды; цефеиды и связь периода пульсаций со светимостью у них</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 24-25;</p>		
2	52	<p>Новые и сверхновые звёзды</p>	<p>Урок 22. Новые и сверхновые звёзды Наблюдаемые проявления взрывов новых и сверхновых звёзд; свойства остатков взрывов сверхновых звёзд</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 26;</p>		
3	52	<p>Эволюция звёзд</p>	<p>Урок 23. Эволюция звёзд Жизнь звёзд различной массы и её отражение на диаграмме спектр-светимость; гравитационный коллапс и взрыв белого карлика в двойной системе из-за перетекания на него вещества звезды компаньона; гравитационный</p>		

		<p>коллапс ядра массивной звезды в конце её жизни. Оценка возраста звёздных скоплений</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 27;</p>		
6	Млечный путь (3 ч)			
4	62	<p>Газ и пыль в Галактике</p> <p>Урок 24. Газ и пыль в Галактике Наблюдаемые характеристики отражательных и диффузных туманностей; распределение их вблизи плоскости Галактики; спиральная структура Галактики</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 28;</p>	<p>- понятие туманности; - основные физические параметры, химический состав и распределение межзвездного вещества в Галактике; - примерные значения следующих величин: - расстояния между звездами в окрестности Солнца, их число в Галактике, её размеры, - инфракрасный телескоп; - оценка массы и размеров чёрной дыры по движению отдельных звёзд.</p>	<p>- объяснять причины различия видимого и истинного распределения звезд, межзвездного вещества и галактик на небе. - находить расстояния между звездами в окрестности Солнца, их число в Галактике, её размеры; - оценивать массу и размер чёрной дыры по движению отдельных звёзд.</p>
5	62	<p>Рассеянные и шаровые звёздные скопления</p> <p>Урок 25. Рассеянные и шаровые звёздные скопления Наблюдаемые свойства скоплений и их распределение в Галактике</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 29;</p>		
6	62	<p>Сверхмассивная чёрная дыра в центре Млечного пути</p> <p>Урок 26. Сверхмассивная чёрная дыра в центре Млечного пути Наблюдение за движением звёзд в центре Галактики в инфракрасный телескоп; оценка массы и размеров чёрной дыры по движению отдельных звёзд</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 30</p>		
7.	Галактики (3 ч)			
7	72	<p>Классификация галактик</p> <p>Урок 27. Классификация галактик</p>	<p>- основные физические параметры,</p>	<p>- объяснять причины различия видимого и</p>

		<p>Типы галактик и их свойства; красное смещение и определение расстояний до галактик; закон Хаббла; вращение галактик и содержание тёмной материи в них</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 31</p>	<p>химический состав и распределение межзвездного вещества в Галактике;</p> <p>- примерные значения следующих величин:</p> <p>- основные типы галактик, различия между ними;</p> <p>- примерное значение и физический смысл постоянной Хаббла;</p> <p>- возраст наблюдаемых небесных тел.</p>	<p>истинного распределения звезд, межзвездного вещества и галактик на небе.</p>
8	72	<p>Активные галактики и квазары</p> <p>Урок 28. Активные галактики и квазары Природа активности галактик; природа квазаров</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 32;</p>		
9	72	<p>Скопления галактик</p> <p>Урок 29. Скопления галактик Природа скоплений и роль тёмной материи в них; межгалактический газ и рентгеновское излучение от него; ячеистая структура распределения Галактик и скоплений во Вселенной</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 33;</p>		
8. Структура и эволюция Вселенной (2 ч)				
0	83	<p>Конечность и бесконечность Вселенной. Расширяющаяся Вселенная</p> <p>Урок 30. Конечность и бесконечность Вселенной Связь закона Всемирного тяготения с представлениями о конечности и бесконечности Вселенной; фотометрический парадокс; необходимость</p>	<p>- связь закона Всемирного тяготения с представлениями о конечности и бесконечности Вселенной;</p> <p>- что такое фотометрический парадокс;</p> <p>- необходимость общей теории относительности для</p>	<p>-- использовать знания, полученные по физике и астрономии, для описания и объяснения современной научной картины мира;</p>

		<p>общей теории относительности для построения модели Вселенной</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 34, 35;</p>	<p>построения модели Вселенной</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятие «горячая Вселенная»; - крупномасштабная структура Вселенной. - метагалактика - космологические модели Вселенной 		
1	83	<p>Модель «горячей Вселенной» и реликтовое излучение</p>	<p>Урок 31.</p> <p>Модель «горячей Вселенной»</p> <p>Связь средней плотности материи с законом расширения и геометрией Вселенной; радиус и возраст Вселенной</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 36;</p>		
9 Современныe проблемы астрономии (3 ч)					
2	93	<p>Ускоренное расширение Вселенной и темная энергия</p>	<p>Урок 32.</p> <p>Ускоренное расширение Вселенной и темная энергия</p> <p>Вклад тёмной материи в массу Вселенной; наблюдение сверхновых звёзд в далёких галактиках и открытие ускоренного расширения Вселенной; природы силы Всемирного отталкивания</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 37;</p>	<p>- какие наблюдения подтвердили теорию ускоренного расширения Вселенной;</p> <p>- что исследователи понимают под темной энергией;</p> <p>- зачем в уравнение Эйнштейна была введена космологическая постоянная;</p> <p>- условия возникновения планет около звёзд;</p>	<p>--</p> <p>использовать знания, полученные по физике и астрономии, для описания и объяснения современной научной картины мира;</p> <p>- обосновывать свою точку зрения о возможности существования внеземных цивилизаций и их контактов с нами.</p>

3	<p>93</p> <p>Обнаружение планет возле других звёзд</p> <p>Поиск жизни и разума во Вселенной</p>	<p>Урок 33.</p> <p>Обнаружение планет возле других звёзд</p> <p>Невидимые спутники у звёзд; методы обнаружения экзопланет; экзопланеты с условиями благоприятными для жизни</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 38</p> <p>Поиск жизни и разума во Вселенной</p> <p>Развитие представлений о существовании жизни во Вселенной; формула Дрейка и число цивилизаций в Галактике; поиск сигналов от внеземных цивилизаций и посылка сигналов к ним</p> <p><i>Ресурсы урока:</i> Учебник § 39;</p>	<p>- методы обнаружения экзопланет около других звёзд;</p> <p>- об эволюции Вселенной и жизни во вселенной;</p> <p>- проблемы внеземных цивилизаций;</p> <p>- формула Дрейка.</p>	
---	---	--	---	--

Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение образовательного процесса

Учебно-методический комплект, используемый при реализации рабочей программы:

1. Чаругин В. М. *Астрономия. 10–11 классы: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень* / В. М. Чаругин.—М.: Просвещение, 2018.
2. *Астрономия. Методическое пособие: 10–11 классы. Базовый уровень: учеб. пособие для учителей общеобразоват. организаций* / под ред. В. М. Чаругина.—М.: Просвещение, 2017.

Литература:

1. Яхно Г. С. *Наблюдения и практические работы по астрономии в средней школе.* — М.: Просвещение, 1965.
2. Малахова Г. И., Страут Е. К. *Дидактический материал по астрономии: Пособие для учителя.* — М.: Просвещение, 1984.
3. Левитан Е. П. *Дидактика астрономии.* — М.: Эдиториал УРСС, 2004.
4. Куликовский П. Г. *Справочник любителя астрономии* / под ред. В. Г. Сурдина. — М.: Эдиториал УРСС, 2002.
5. Перельман Я. И. *Занимательная астрономия.* — М.: ВАП, 1994.

6. Климишин И. А. Элементарная астрономия. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.

7. Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969.

Электронные образовательные ресурсы:

1. <http://www.astronet.ru> – Российская Астрономическая Сеть

2. <http://afportal.kulichki.net/> – сайт учителя физики и астрономии высшей категории Грабцевича В. И.

3. <http://myastronomy.ru/> – сайт преподавателя астрономии, кандидата педагогических наук Шатовской Н. Е.

4. <http://www.gomulina.orc.ru/> – сайт учителя физики и астрономии Гомулиной Н. Н.

5. <http://college.ru/astronomy/course/content/content.html> – Открытая Астрономия 2.6

6. <https://www.roscosmos.ru/> – сайт государственной корпорации по космической деятельности Роскосмос

7. <http://www.planetarium-moscow.ru/> – сайт Московского планетария.

8. <http://www.galactic.name/> – астрономический портал "Имя Галактики"

9. <http://www.walkinspace.ru/> – портал "Путешествие в космос"

10. <https://www.uahirise.org/ru/> – русскоязычная версия проекта "Марс без границ"

11. <http://stars.chromeexperiments.com/> – виртуальная экскурсия по Вселенной

12. <https://www.nasa.gov/> – официальный сайт Национального управления по авиации и исследованию космического пространства

13. Библиотека электронных наглядных пособий "Астрономия 9–10", ООО "Физикон", 2003