



Е.В. Кондакова

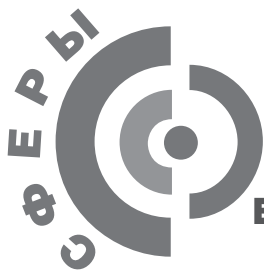
АСТРОНОМИЯ

АСТРОНОМИЯ

ПОУРОЧНЫЕ
МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ

10.11

БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ



Е.В. Кондакова

АСТРОНОМИЯ

**ПОУРОЧНЫЕ
МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ**

10•11 классы

Учебное пособие
для общеобразовательных
организаций

**БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ**

Москва
«Просвещение»
2019

УДК 373.5.016:52
ББК 74.262.26
К64

12+

Серия «Сферы» основана в 2003 году

Кондакова Е. В.

К64 **Астрономия. Поурочные методические рекомендации. 10—11 классы:** учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова. — М. : Просвещение, 2019. — 160 с. : ил. — (Сферы). — ISBN 978-5-09-068721-8.

Пособие входит в учебно-методический комплекс «Астрономия» для 10—11 классов линии «Сферы» и адресовано учителям. В первой части рассматриваются общие методические рекомендации к курсу астрономии, приводится поурочное тематическое планирование. Во второй части пособия приводятся примерные планы уроков, разработанные в соответствии со стандартом среднего (полного) общего образования по астрономии.



Учебное издание

Серия «Сферы»

Кондакова Елена Владимировна

Астрономия

**Поурочные методические рекомендации
10—11 классы**

**Учебное пособие для общеобразовательных организаций
Базовый уровень**

Редакция физики

Зав. ред. физики *В. В. Жумаев*

Выпускающий редактор *Н. Н. Гриценко*. Художественный редактор *С. Г. Куркина*

Компьютерная вёрстка *Д. Ю. Герасимова*

Художественное оформление *О. В. Поповича, С. Г. Куркиной*.

Дизайн обложки *О. В. Поповича, В. А. Прокудина*.

Корректоры *Н. А. Ерохина, М. А. Павлушкина*.

В издании использованы фотоматериалы фотобанка **Shutterstock**

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000.

Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 00.00.00.

Формат 70×90¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBookCSanPin. Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 15.

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва,

ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

ISBN 978-5-09-068721-8

© Издательство «Просвещение», 2019

© Художественное оформление.

Издательство «Просвещение», 2019

Все права защищены

ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОУРОЧНОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ УРОКОВ АСТРОНОМИИ	21
ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ	31
Урок 1. Структура и масштабы Вселенной, методы её изучения	32
АСТРОМЕТРИЯ	36
Урок 2. Звёздное небо. Небесные координаты	38
Урок 3. Небесная сфера. Системы небесных координат	44
Урок 4. Видимое движение планет и Солнца	48
Урок 5. Суточное видимое движение Солнца	53
Урок 6. Движение Луны и затмения	56
Урок 7. Время и календарь	60
НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА	63
Урок 8. Система мира и видимое движение планет	64
Урок 9. Законы Кеплера	67
Урок 10. Космические скорости. Межпланетные полёты	71
СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	74
Урок 11. Современные представления о Солнечной системе и её происхождении	75
Урок 12. Земля и Луна	79
Урок 13. Планеты земной группы	82
Урок 14. Планеты-гиганты. Карликовые планеты	85
Урок 15. Малые тела Солнечной системы	87
Урок 16. Контрольная работа по темам «Введение в астрономию», «Астрометрия», «Небесная механика», «Строение Солнечной системы»	91
АСТРОФИЗИКА И ЗВЁЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ	92
Урок 17. Методы астрофизических исследований	95
Урок 18. Солнце и его основные характеристики	99
Урок 19. Внутреннее строение и источник энергии Солнца	102
Урок 20. Наблюдаемые характеристики звёзд и их взаимосвязь	107
Урок 21. Массы звёзд. Внутреннее строение звёзд	111
Урок 22. Белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры	114
Урок 23. Двойные, кратные и переменные звёзды	117
Урок 24. Эволюция звёзд	121
МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ	126
Урок 25. Распределение вещества в Галактике. Форма Галактики	128
Урок 26. Структура Галактики	132
ГАЛАКТИКИ	134
Урок 27. Классификация галактик	136
Урок 28. Лабораторная работа «Определение скорости удаления галактик по их спектрам»	139
Урок 29. Активные галактики и квазары. Скопления галактик	142
СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ	145
Урок 30. Конечность и бесконечность Вселенной. Расширяющаяся Вселенная	146
Урок 31. Модель горячей Вселенной	150
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ	152
Урок 32. Ускоренное расширение Вселенной и тёмная энергия. Обнаружение планет возле других звёзд	154
Урок 33. Поиск жизни и разума во Вселенной	157
Урок 34. Итоговая контрольная работа	159

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие предназначено для учителей, работающих с учебно-методическим комплексом «Астрономия. 10—11 классы: базовый уровень» серии «Сферы».

Особое внимание при разработке методических рекомендаций автор уделял реализации межпредметных и надпредметных связей, использованию медиаобъектов, современных информационных технологий в учебном процессе, а также организации самостоятельной работы школьников.

Учебное пособие состоит из двух частей.

В первой части рассматриваются общие методические рекомендации к курсу астрономии и приводится поурочное тематическое планирование. Рассмотрены такие проблемы методики преподавания астрономии, как необходимость её изучения в школе, особенности астрономии как учебного предмета, формы, методы и современные средства обучения астрономии. Уделено внимание организации самостоятельных наблюдений школьников.

Во второй части пособия приводятся примерные планы 35 уроков. Каждый план урока включает в себя: цели и планируемые результаты урока, ресурсы УМК, перечень необходимого оборудования и информационных ресурсов, рекомендации методиста и технологическую карту. Технологическая карта раскрывает последовательность этапов урока с указанием видов деятельности учителя и ученика, краткого содержания каждого этапа и необходимых ресурсов.

В начале каждой темы даны перечень методической литературы и ссылки на интернет-ресурсы, которые учитель может использовать при подготовке к уроку и его проведении.

Разработанные авторами планы уроков являются примерными и могут дополняться и изменяться учителем.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗУЧЕНИЯ АСТРОНОМИИ

Преподавание астрономии в школах России имеет давние традиции: как самостоятельную учебную дисциплину её начали изучать в выпускном классе с 30-х гг. XX в., отметка по астрономии входила в аттестат [5]. Но в 1991 г. этот предмет исключили из числа базовых, хотя во многих школах астрономию всё же продолжали изучать (например, в школах Москвы — по 2007 г.). С 2017 г., после более чем 10-летнего перерыва, астрономия вновь возвращается в школу в качестве **обязательного** учебного предмета.

Почему важно изучать астрономию? Кому сейчас, во времена прагматизма и жёсткой конкуренции, нужны знания о планетах и звёздах, о том, как устроена Вселенная? И что же, собственно, исследует современная астрономия? Существует довольно много точек зрения на то, что именно должно входить в курс астрономии, каково место этого курса и собственно астрономических знаний в формировании научной картины мира. Мы начнём с рассмотрения роли астрономии в развитии наук и практического применения астрономических знаний.

Астрономия играла и играет важную роль в развитии различных наук. С самого своего возникновения астрономия стимулировала развитие математики: для решения задач, описывающих движение светил по небу, был разработан аппарат тригонометрии. Необходимость облегчения работы со всё более усложняющимися тригонометрическими таблицами, которые широко использовались для астрономических расчётов, стимулировала изобретение логарифмов в начале XVII в. Основы анализа и дифференциального исчисления разрабатывались И. Ньютоном, в частности, для строгого объяснения вытекающих из открытого им закона всемирного тяготения явлений при движении небесных тел.

Такая тесная связь с глубокой древности характерна для астрономии и географии. Ориентировка на суше и на море, определение географических координат, установление формы и размеров Земли — эти задачи решались и решаются при помощи астрономии. По мере усовершенствования наблюдательной техники Луна, планеты Солнечной системы, их спутники становятся объектами исследования геохимиков, геофизиков и других геоспециалистов.

Ещё более значима роль астрономии и в развитии физики. Для демонстрации эффективности созданной теории И. Ньютон использовал задачи астрономии. Именно физика обязана астрономии открытием постоянства скорости света (О. Ремер, 1675 г.), инфракрасного излучения (В. Гершель, 1800 г.). Становление электродинамики (XVII—XVIII вв.), волновой и молекулярной физики (XIX в.), специальной и общей теории относительности (XX в.) происходило во многом под влиянием астрономии. И в настоящее время астрофизика находится на переднем крае науки, в частности в силу того, что она изучает недоступные пока земной физике фундаментальные явления и процессы. Например, даже рекордные для современной науки и техники магнитные поля, полученные в лабораториях, в десятки раз меньше, чем магнитные поля белых карликов (10^7 – 10^9 Гс), и в сотни тысяч раз меньше магнитных полей нейтронных звёзд (до 10^{12} Гс и более). Такие сверхсильные магнитные поля способны так намагничивать вакуум, что он становится похожим на анизотропный кристалл [9].

Открытия учёных в области астрофизики и физики элементарных частиц позволили не только уточнить ранее непонятные факты и углубить понимание того, как устроен окружающий мир, но и описать более подробно и достоверно само рождение Вселенной, её прошлое, настоящее и будущее.

В феврале 2016 г. состоялось одно из величайших научных открытий последнего времени — открытие гравитационных волн, которые были предсказаны почти 100 лет назад общей теорией относительности А. Эйнштейна. По мнению одного из участников проекта *LIGO*, руководителя группы «Когерентная микрооптика и радиофотоника» Российского квантового центра (РКЦ) Михаила Городецкого, начинается новая эра — эра гравитационно-волновой астрономии. Международный проект *LIGO* (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* — лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория) стартовал в 1992 г., в нём участвуют учёные из 15 стран. С самого начала проекта в его реализации принимали участие российские учёные [1].

Таким образом, астрономия не только иллюстрирует всеобщность и применимость законов физики, открытых на Земле, к событиям космических масштабов, но и по-прежнему ставит перед современной физикой новые задачи. Рассмотрение проблемы происхождения Вселенной, проблем существования множественности вселенных становится достоянием квантовой физики.

На качественно новую ступень поднялись исследования химических процессов, происходящих за пределами Земли, и химического состава различных объектов. Сегодня мы знаем, из чего состоят планеты и звёзды, в каком состоянии находится вещество в звёздных колыбелях — газопылевых комплексах и недрах умирающих нейтронных звёзд. Химические элементы в недрах звёзд, в межзвёздном пространстве — это те же самые химические элементы, из которых состоят окружающие нас предметы, растения, животные и наши тела. И в этом смысле любой человек состоит из звёздной пыли — из элементов, являющихся продуктами жизненного цикла звёзд. Умирая, звёзды дают жизнь химическим элементам и в конечном счёте человеку. Звёзды погибли, чтобы мы сегодня были здесь, в этом мире.

Особое значение приобретает связь астрономии и биологии с точки зрения экологии, поскольку воздействие человека на природу Земли сравнимо с воздействием космических факторов. Основные положения гипотезы происхождения жизни на Земле, исследования степени приспособляемости живых организмов к окружающей внешней среде, их эволюции, вызываемой изменением условий существования, играют большую роль при рассмотрении проблемы жизни во Вселенной. Обнаруженные не так давно планетные системы у других звёзд рождают в нас надежду, что мы не одиноки в космическом пространстве. Будущие исследования помогут не только раскрыть тайны происхождения жизни, но и, возможно, обнаружить другие её формы, о которых мы даже и не догадываемся сейчас.

С одной стороны в астрономии всё ещё остаётся много неисследованного, непонятого, много вопросов пока ещё не имеют точных ответов: как возникла Солнечная система, галактики, что определяет их эволюцию, нет законченной физической теории рождения Вселенной, неясна её судьба в будущем. С другой стороны, учёные-астрономы практически ежедневно устанавливают новые рекорды, находя новые объекты, повышая точность измерения расстояний, заглядывая всё дальше и дальше в глубины Вселенной.

Многие из нас даже и не подозревают, как развитие науки астрономии и совершенствование её технологической базы влияют на технический прогресс на Земле. Так, фотоплёнка *Kodak Technical Pan* была изначально разработана и использовалась для записи изменений в поверхностной структуре Солнца. Но она нашла широкое использование в медицине, спектрографии, фотографии и даже в искусствоведении — с её помощью проводилось детальное исследование слоёв картин, что помогало обнаружить подделки.

На смену плёнке вскоре пришли CCD-датчики (русское название «ПЗС-датчики») — полупроводниковые устройства, позволяющие напрямую, минуя фотоплёнку, получать цифровые фотографии. Изобретатели этого устройства Уиллард Бойл и Джордж Смит получили Нобелевскую премию по физике за 2009 г. Изобретение и использование ПЗС-датчиков привели к настоящей революции сначала в прикладной науке, затем в наукоёмких технологиях, а в последнее десятилетие они прочно вошли в нашу повседневную жизнь, сделав её намного более комфортной. Представьте себе, как выглядел бы обычный мобильный телефон с плёночной, а не цифровой фотокамерой!

Конечно же, достижения науки астрономии внесли наибольший вклад в развитие космических технологий. Спутники, используемые в военном секторе для обороны, по существу, являются телескопами, обращёнными к Земле.

В них используются те же самые технологии, что и в современных астрономических телескопах. Обработка изображений также производится методами, применяемыми в астрономии. Спутники систем глобального позиционирования ориентируются на астрономические объекты — квазары и удалённые галактики, чтобы определить точное положение объектов на Земле.

Астрономические методы используются для поиска полезных ископаемых, особенно нефти, а также для разработки и развития новых возобновляемых источников энергии, в первую очередь солнечной. Уже обсуждаются проекты строительства солнечных электростанций на орбите Земли, проекты освещения поверхности Земли *космическими прожекторами*, которые также предполагается разместить на орбите. Технологии, разработанные для регистрации рентгеновского излучения в астрономии, сейчас используются для контроля управляемого термоядерного синтеза.

Мало кто из пациентов, прошедших МРТ-обследование, знает, что и здесь используются технологии, разработанные для нужд астрономических исследований шведским радиоастрономом, лауреатом Нобелевской премии Мартином Райлом. Другим примером использования в медицине технологий, заимствованных из астрономии, является обеспечение стерильности. Производство телескопов требует отсутствия пыли и прочих частиц, которые могут повредить зеркала и инструменты. Специально разработанные фильтры, датчики очистки воздуха сейчас используются в больницах и фармакологических лабораториях.

Ещё в 80-х гг. прошлого века радиоастрономы разработали метод, который в настоящее время применяется для ранней диагностики раковых опухолей. Программное обеспечение для обработки спутниковых снимков космоса теперь помогает медикам обработать данные широкомасштабного обследования пациентов на наличие болезни Альцгеймера. Адаптивная оптика, используемая в астрономии, применяется в офтальмологии для анализа формирования изображения в сетчатке глаза, что позволяет изучать такие болезни, как макулодистрофия и пигментный ретинит (RP) [10].

Для многих людей наука о звёздах и планетах представляется весьма далёкой от повседневной жизни, а потому и ненужной. Но это в корне неверно! Буквально на каждом шагу мы встречаемся с явлениями и процессами, даже не задумываясь об их астрономических корнях. Определение точного времени всегда было и сегодня остаётся задачей астрономии. А наше зрение?! Ежесекундно наш глаз регистрирует фотоны, т. е. работает как приёмник излучения — вновь поистине астрономическая задача! Вся наша жизнь неразрывно связана с космосом: Земля — планета Солнечной системы, Солнце определяет климат на Земле, воздействуя на жизнь всех живых организмов. Именно поэтому астрономия всегда была важной составляющей культуры. Представления о строении мира обуславливали мировоззрение эпох и народов. Доступность небесных светил и явлений для созерцания определяет место астрономической картины мира как первой области приложения донаучного, религиозного истолкования природы, когда её положения становились догмами — нерушимыми постулатами, предметами веры. Первая великая научная революция была связана с именем Н. Коперника и повлекла за собой ломку и всей научной картины мира, и всего мировоззрения той эпохи. Сейчас имеет смысл говорить о построении новой картины мира, в рамках которой даётся стройное объяснение тому, что мы наблюдаем в дальнем и ближнем космосе.

Ранние цивилизации идентифицировали небесные объекты с богами и рассматривали движения и взаимное расположение звёзд и планет на небе как предсказания для земной жизни. Так зародилась астрология, которая в течение долгих лет рассматривалась как наука о влиянии положения и движений небесных тел на жизнь людей. В настоящее время астрологию квалифицируют как лженауку. Например, Национальный научный фонд США использует астрологию как эталонную лженауку в оценочной системе *Science and Engineering Indicators*. Но, несмотря на это, астрология по-прежнему популярна, и во многом этому способствует астрономическая безграмотность общества. Приводятся данные, что в настоящее время около 30% людей, занятых в бизнесе, начинают своё утро с изучения индивидуального гороскопа и, руководствуясь расположением звёзд, решают, подписывать контракты или нет. Социологи подсчитали, что ущерб от следования таким советам астрологов достигает десятков миллиардов долларов в год [9]. Духовное возрождение общества, обязательно включающее в себя формирование у людей иммунитета к лженаукам, неотделимо от ликвидации астрономической безграмотности. Зная астрономию, прикоснувшись к безграничности и великолепию Вселенной, человек осознаёт, как уязвима и хрупка наша Земля и вся человеческая цивилизация. По сравнению с космосом и грандиозностью Вселенной многие трудности и проблемы кажутся мелкими. Астрономия формирует мировоззрение, критическое отношение к «чудесам», предсказаниям, псевдонаучным теориям, развивает философский взгляд на жизнь и окружающий нас мир.

Астрономические открытия последних лет привели к постановке ряда комплексных проблем, которые по самой своей природе могут решаться лишь на основе взаимодействия многих наук. Совершенно очевидно, что их решение будет иметь огромное значение не только для самой астрономии, но и для всего естествознания, содействуя дальнейшему расширению и углублению научной картины мира. У астрономии есть все предпосылки стать основой для интеграции естественных наук. Формируя у человека рациональный взгляд на мир, астрономия в то же время не противопоставляет «земное» «небесному», а, напротив, позволяет продемонстрировать общность мира и законов, им управляющих.

Современная астрономия немыслима без международного сотрудничества. Первым международным научным союзом стал организованный в 1920 г. Международный астрономический союз. В настоящее время все современные обсерватории являются международными проектами. Так, членами Европейской южной обсерватории (*ESO — European Southern Observatory*), расположенной в Чили, являются 15 европейских государств и Бразилия. Самым большим и самым дорогим астрономическим проектом является *ALMA* — комплекс из 66 радиотелескопов, объединённых в единый астрономический радиоинтерферометр, расположенный в чилийской пустыне Атакама. Партнёрами этого проекта являются Европейская южная обсерватория, Национальный научный фонд США, Национальный научно-исследовательский совет Канады, Национальная астрономическая обсерватория Японии, Институт астрономии и астрофизики Тайваня, Республика Чили.

Нельзя не упомянуть и эмоционально-ценностный аспект астрономии. Звёздное небо вдохновляло поэтов, художников, писателей, философов. К сожалению, астрономические наблюдения становятся всё менее доступными из-за сильной засветки неба, загрязнённости атмосферы. Менее доступными, но по-прежнему желанными и вызывающими интерес. Возможность читать о новых

открытиях, смотреть на снимки и видео с современных больших и космических телескопов привлекает пользователей разных возрастов, профессий, национальностей. Более доступными стали цифровые планетарии — они появились в центрах детского творчества и как самостоятельные организации. Мини-планетарии могут быть доставлены в школы и установлены там и использованы для проведения занятий со школьниками, а также для популяризации астрономии и преодоления астрономической безграмотности населения. Использование свободного программного обеспечения позволяет готовить лекции не только по тем темам, которые входят в школьную программу, но и по всем интересующим аудиторию вопросам. Познавательную ценность занятий с использованием планетария можно увеличить сопутствующей лекцией вне планетария [2].

Благотворное влияние астрономии на изучение других предметов было отмечено рядом американских учёных более пятнадцати лет назад. Это послужило основанием для разработки и внедрения в американских школах программ *STAR (Science Teaching through it Astronomical Roots* — обучение естествознанию через его астрономические корни) или *IDEAS (The Initiative to Develop Education through Astronomy and Space Science* — инициатива по развитию обучения через астрономию и космонавтику).

Подведём итоги.

1. Астрономия не только находится в тесной взаимосвязи со множеством других наук, но и стимулирует их развитие. По мнению академика В. Л. Гинзбурга, более половины самых актуальных проблем физики XXI в. относится к астрофизике. Астрономия наряду с прочими естественными науками питает технический прогресс. Поэтому существование такой физической картины мира, в которой отсутствует астрономическая составляющая, по меньшей мере нелогично.

2. Являясь элементом культуры, астрономические знания необходимы современному человеку и для того, чтобы осознать своё место и роль человеческой цивилизации в мире, и для того, чтобы противостоять мракобесию, лженаукам, трезво и критически осмысливать происходящее вокруг.

3. Астрономия — наука объединяющая, она не противопоставляет небесные явления земным, а, напротив, использует открытые и изученные в земных условиях законы и теории для объяснения космических процессов. Астрономия объединяет не только науки, но и учёных и любителей этой науки всего мира, невзирая на их национальную принадлежность и религиозные взгляды.

4. Астрономические инструменты становятся всё более доступными — стоимость небольшого телескопа вполне сравнима со стоимостью видеокамеры. Любой желающий может прикоснуться к большой науке, воспользовавшись выложенными в открытый доступ базами данных или заказав время для наблюдений на большом телескопе. Ожидается увеличение доли вклада любителей астрономии в открытие новых объектов, особенно комет, малых планет и астероидов. Конечно же, эмоционально-ценностный аспект астрономии трудно переоценить. Многие учёные-астрофизики вспоминают, что их путь в науку начался с созерцания звёзд и планет.

В качестве последнего аргумента в доказательстве необходимости изучения астрономии в школе приведём замечательное высказывание Анри Пуанкаре: «Астрономия полезна потому, что она возвышает нас над нами самими; она полезна потому, что она величественна; она полезна потому, что она прекрасна. Именно она являет нам, как ничтожен человек телом и как он велик духом».

ОСОБЕННОСТИ АСТРОНОМИИ КАК УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

В основу формирования содержания учебного предмета «Астрономия» положен следующий принцип: материал группируется «по объектам» (Солнечная система, звёзды, Солнце и т. п.). Это обусловлено спецификой предмета изучения астрономии и особенностями астрономических знаний.

Предметом изучения физики является природа, т. е. окружающий нас физический мир. Астрономия — наука о Вселенной, изучающая расположение, строение, происхождение и эволюцию небесных тел и образованных ими систем. Физика как наука экспериментальная возникла из астрономии, фиксирующей закономерности и повторяемость в движении звёзд и планет. Таким образом, предмет изучения физики — природа — включает в себя предмет изучения астрономии — Вселенную, или, образно говоря, «небесную составляющую» природы.

Каждая наука вырабатывает систему знаний, которые отражают не только специфику предметной области этой науки, но и имеющийся уровень её развития: методов, концептуального аппарата, проблематики.

Знание рождается в процессе познания человеком окружающей действительности. Научные знания — плод научного познания. Г. Галилей (1564—1642) выделял в процессе научного познания четыре фазы: чувственный опыт, дающий факты; интуитивное построение гипотезы; вывод логических следствий; опытную проверку теоретических выводов [7].

Выходя из недр науки, знание становится общественным достоянием. В таком качестве оно может быть использовано в различных сферах человеческой деятельности, приобретая при этом дополнительные характеристики свойства.

В системе физических знаний выделяют следующие структурные элементы: факты, понятия, законы, фундаментальные теории, физическую картину мира.

Специфика системы астрономических знаний определяется тем, что астрономические объекты нельзя изучать непосредственно, а можно только наблюдать, поэтому те знания, которые мы получаем, наблюдая астрономические объекты, являются эмпирическими. Факты, полученные в результате наблюдений, не могут быть объяснены без привлечения физических законов и теорий.

Таким образом, структурными компонентами системы астрономических знаний являются [3]:

- 1) явления, объекты, факты, основой которых являются наблюдения;
- 2) понятия, закономерности, формируемые в результате анализа явлений, объектов, фактов;
- 3) теории, объясняющие явления, факты, закономерности;
- 4) естественно-научная картина мира.

Отметим, что третий структурный компонент системы астрономических знаний — теории — это фактически физические теории, которые привлекаются для объяснения астрономических явлений, закономерностей и пр. Этот вывод подтверждается, в частности, высказыванием Е. П. Левитана: «Раскрывая перед учащимися картину строения Вселенной и сущность происходящих в ней процессов, преподаватель не должен упускать возможности продемонстрировать действие известных учащимся законов и закономерностей в новых, необычных условиях космоса. Такое распространение знаний из области земной

физики на физику космоса, а также анализ методов современной астрофизики позволяют по-новому осветить, а значит, и углубить понимание многих принципиально важных вопросов курса физики» [5].

Таким образом, специфика системы астрономических знаний определяет особенности астрономии как учебного предмета.

1. Основа астрономических знаний — явления и факты, полученные из наблюдений. В настоящее время астрономы изучают Вселенную, анализируя излучение, приходящее от космических объектов во всех диапазонах длин волн. Учащимся доступны самостоятельные наблюдения невооружённым глазом, наблюдения со школьным или любительским телескопом под руководством учителя во внеурочное время. Отчасти реальные наблюдения можно заменить посещением планетария. Наблюдения — важная часть курса астрономии, подробнее на их организации и проведении мы остановимся позже.

2. Наблюдая за астрономическими объектами, мы изучаем их *видимое* движение. Важно не только понять, что видимое движение является следствием реальных перемещений небесных тел в пространстве, но и уметь объяснять видимое.

3. Специфика астрономических объектов — их размеры, удалённость, зачастую экстремальные физические условия — не позволяет изучать их непосредственно, проводить специально организованный эксперимент. Поэтому встаёт вопрос о *точности* астрономических наблюдений и *достоверности* астрономических знаний. Совершенствование наблюдательной техники повышает точность наблюдений, развитие физических теорий позволяет всё более и более приблизиться к истине. Но тем не менее следует постоянно обращать внимание учащихся на то, что астрономические измерения, особенно косвенные, всегда имеют некоторую ошибку и астрономы постоянно работают над устранением ошибок и увеличением точности наблюдений. То же самое относится и к достоверности знаний. Как уже отмечалось, для объяснения наблюдаемых фактов используются физические законы и теории, на основании которых строится *модель* астрономического объекта или явления. Известно, что обязательным элементом научного знания является его предсказательная функция. В рамках построенной модели выдвигаются гипотезы, которые проверяются точными наблюдениями. Таким образом, степень достоверности астрономических знаний определяется достоверностью физических теорий и точностью астрономических наблюдений.

4. В школьном курсе астрономии присутствует элемент *описательности*, определяемый уровнем развития науки астрономии, степенью подготовленности учащихся и количеством времени, отводимым на изучение предмета. Так как наука о небесных телах активно развивается, появляются новые наблюдательные факты, гипотезы, курс астрономии нуждается в соответствующих дополнениях и корректировках.

5. Материал курса астрономии сгруппирован по объектам: объекты Солнечной системы, звёзды, галактики и т. п. Такая классификация приводит к необходимости изучать понятия и явления последовательно, постепенно расширяя и углубляя понимание их сущности. Так, наиболее полно и достоверно ответить на вопрос, как возникла и развивалась Солнечная система, возможно, в частности, после рассмотрения этапов рождения и эволюции звёзд. Поэтому знания о небесных объектах, их взаимосвязях формируются постепенно, по мере изучения различных разделов курса.

6. Астрономические знания играют определяющую роль в формировании научного мировоззрения. Представления о строении мира определяли мировоззрение эпох и народов. Сегодня космология, описывая устройство Вселенной, рассматривает её в развитии. По мере углубления наших знаний о происхождении и эволюции Вселенной всё меньше места остаётся для суеверий и лженауки. Изучение астрономии способствует формированию своеобразного иммунитета к различным ложным теориям и предсказаниям, развитию критического отношения к недостоверной информации и в целом улучшению качества жизни людей.

7. Достижения современной астрономии привели к постановке ряда комплексных проблем, которые по самой своей природе могут решаться лишь на основе взаимодействия многих наук, например проблема возможности существования космических цивилизаций и установление контактов с ними. Идеи целостности окружающего мира, взаимосвязи явлений и процессов, протекающих в нём, живой и неживой материи определяют *обобщающую роль астрономического материала* в процессе формирования научной картины мира как системы знаний о строении мира и законах, обуславливающих это строение. Знания, полученные при изучении физики, химии, биологии, географии, используются при изучении астрономии, поэтому возможна разработка интегративных уроков.

Содержание курса и требования к уровню подготовки выпускников определяются стандартом среднего (полного) общего образования по астрономии и являются основополагающими для задания целей обучения. В соответствии с целями обучения и материально-техническим обеспечением школы определяются формы, методы и средства обучения.

ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ АСТРОНОМИИ

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) создан на основе системно-деятельностного подхода и ориентирован на развитие личности выпускника. Обучение должно обеспечить формирование готовности к саморазвитию и непрерывному образованию, активную учебно-познавательную деятельность учащегося с учётом его индивидуальных особенностей. Таким требованиям более всего соответствуют продуктивные методы обучения, к которым относятся *проблемное изложение, эвристический и исследовательский методы*. Выбор конкретного метода обучения — прерогатива учителя. Приведём лишь общие рекомендации по организации процесса обучения.

Основной формой обучения в школах России является *урок*. Остановимся на отличительных особенностях урока астрономии.

Курс астрономии является довольно объёмным по содержанию, но компактным по времени изучения — 1 час в неделю, всего 35 часов. В связи с этим практически каждый урок астрономии предполагает изучение нового материала. Но при этом необходимо также и проверять знания учащихся, выполнять практические и лабораторные работы. Более всего таким задачам удовлетворяет *комбинированный урок*. Назначение такого урока — овладение новыми для учащихся знаниями и способами деятельности, со-

вершенствование знаний, умений и навыков и их применение для решения разнообразных задач, обобщение и систематизация знаний. Кроме того, комбинированный урок должен включать в себя контроль знаний и рефлексию. Очевидно, что спланировать и провести такой урок весьма непросто. В данном пособии приводятся рекомендации, которые помогут учителю справиться с этой сложной задачей.

НАБЛЮДЕНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ АСТРОНОМИИ

Как уже отмечалось, основным методом астрономии является наблюдение. Поэтому организация практических наблюдений является необходимым компонентом преподавания школьной астрономии. Но провести их весьма затруднительно по ряду причин: наблюдения звёздного неба возможно проводить только в тёмное время суток, т. е. во внеурочное время, что требует специальной организации; в условиях города мешает засветка, увидеть можно только наиболее яркие объекты; для наблюдений неба нужна хорошая погода, что невозможно обеспечить наверняка. Во время уроков возможно провести наблюдения Солнца (подробно описано в [2]).

Существуют альтернативные варианты:

- 1) самостоятельные наблюдения учащихся;
- 2) посещение планетария или использование мини-планетария.

Самостоятельные наблюдения ценны потому, что они могут иметь исследовательскую направленность. В этом случае они должны быть систематическими. Кроме того, желательно всё же хотя бы первое наблюдение провести под руководством учителя.

Чтобы наблюдения были эффективными, они должны удовлетворять некоторым требованиям. Каждое наблюдение должно проводиться по чётко продуманному плану, оно требует подготовительной работы.

Заранее необходимо найти подходящее место. Лучше всего проводить наблюдения за городом, в некотором отдалении от населённых пунктов, так как в городах и посёлках мешает излишняя освещённость и ограниченность доступной для наблюдений части неба. Но при должной настойчивости и в неблагоприятных условиях города удаётся проводить разнообразные наблюдения. Можно, например, изучать созвездия, так как даже при значительной побочной освещённости ярчайшие звёзды созвездий вполне различимы. Выбрав место наблюдения, необходимо определить или установить ориентиры, которые помогут быстро находить направления на юг, север, восток и запад, не используя компаса.

Известно, что настоящая адаптация (привыкание) глаза к темноте происходит, когда в сетчатке глаз вырабатывается особый глазной пигмент. Адаптация продолжается более 30 минут, в течение которых чувствительность глаза заметно повышается. Это следует учитывать, приступая к наблюдениям. На адаптацию глаз к темноте почти не влияет красный цвет, поэтому полезно подготовить фонарик с красным фильтром (его можно изготовить, используя бумагу или ткань красного цвета), дающим слабый свет. С его помощью можно разглядывать звёздные карты и производить записи. Перед началом наблюдений желательно защитить глаза от яркого света.

Рекомендуем также вести личный дневник наблюдений, в котором следует записывать время и дату, план наблюдений, делать необходимые «заготовки» во время предварительной подготовки, записывать полученные результаты и сделанные выводы. План наблюдений составляется заранее. Условия видимости конкретных объектов можно определить по подвижной карте звёздного неба, атласам или картам, но самый удобный способ — использовать виртуальный планетарий или интерактивную карту звёздного неба, которую можно установить на телефон. Выберите ту программу, которая более удобна лично для вас или для учеников. Так, например, карту звёздного неба *Sky Map* для *Android* удобно использовать для идентификации звёзд и планет.

В качестве примера приведём разработанные планы наблюдений, которые можно предложить учащимся для самостоятельной работы. Отметим, что в наблюдениях 2, 3 и 4 используются **астеризмы** — характерные, легкоразличимые на ночном небе группы звёзд, которые имеют исторически сложившиеся устойчивые имена. **Созвездия** — это участки звёздного неба. Допустимо употреблять слово «созвездие» как синоним слова «астеризм», если звёзды относятся к одному созвездию.

Наблюдение 1

Цель: первоначальное знакомство со звёздным небом.

Необходимые материалы: дневник наблюдений, часы, карандаш, фонарик с красным фильтром.

План

1. Убедитесь, что выбранное вами место подходит для наблюдений.
2. Найдите на небе Луну. Зарисуйте в дневнике наблюдений Луну и окружающие её звёзды, указав направления на стороны света.
3. Повторяйте наблюдения Луны в течение некоторого времени (например, в течение 2 часов каждые 30 минут) и выполняйте зарисовки в дневнике. Что вы заметили?
4. Сделайте рисунки объектов, привлёкших ваше внимание. Не забудьте на рисунках пометить направления на стороны света.

Наблюдение 2

Цель: изучение созвездия Большая Медведица.

Необходимые материалы: дневник наблюдений, карандаш, фонарик с красным фильтром, часы, компас.

План

1. Найдите на небе созвездие Большая Медведица.
2. Определите, в каком направлении расположена ручка ковша Большой Медведицы (на какую часть света указывает).
3. Зарисуйте в дневнике созвездие Большая Медведица, как вы его видите на небе, указав точное время наблюдения и ориентацию.
4. Какая из звёзд Большой Медведицы кажется вам наиболее яркой?
5. Какая из звёзд Большой Медведицы кажется вам наименее яркой?
6. Через 1—2 часа вновь отыщите созвездие Большая Медведица. Как изменилось его положение, ориентация? Сделайте рисунок с указанием точного времени наблюдения.
7. Сделайте выводы.

Наблюдение 3

Цель: формирование умения находить Полярную звезду.

Необходимые материалы: дневник наблюдений, компас, часы.

Предварительная подготовка

1. Зарисуйте взаимное расположение созвездий Большая и Малая Медведицы (рис. 1).

2. Способ нахождения Полярной звезды: соедините прямой линией крайние звёзды ковша Большой Медведицы и продолжите эту линию на пятикратное расстояние, соединяющее эти звёзды. Полярная звезда расположена в конце ручки ковша Малой Медведицы, который также образован семью звёздами, но меньше ковша Большой Медведицы. Оба ковша как бы опрокинуты друг над другом, а их ручки направлены в противоположные стороны.

3. В годы Второй мировой войны были выпущены открытки астрономического содержания. Одна из них иллюстрировала способ отыскания направления на север. Приводим стихотворение Риммы Алдоной с этой открытки. Возможно, это поможет вам лучше запомнить правило отыскания Полярной звезды.

На небе ковшик золотой
Зовут Медведицей Большой.
Секрет узнать, где север, прост:
По направлению крайних звёзд
Прямую линию веди,
Звезду Полярную найди.
Встань прямо, на неё гляди,
И север будет впереди.



Рис. 1. Взаимное расположение созвездий Большая и Малая Медведицы

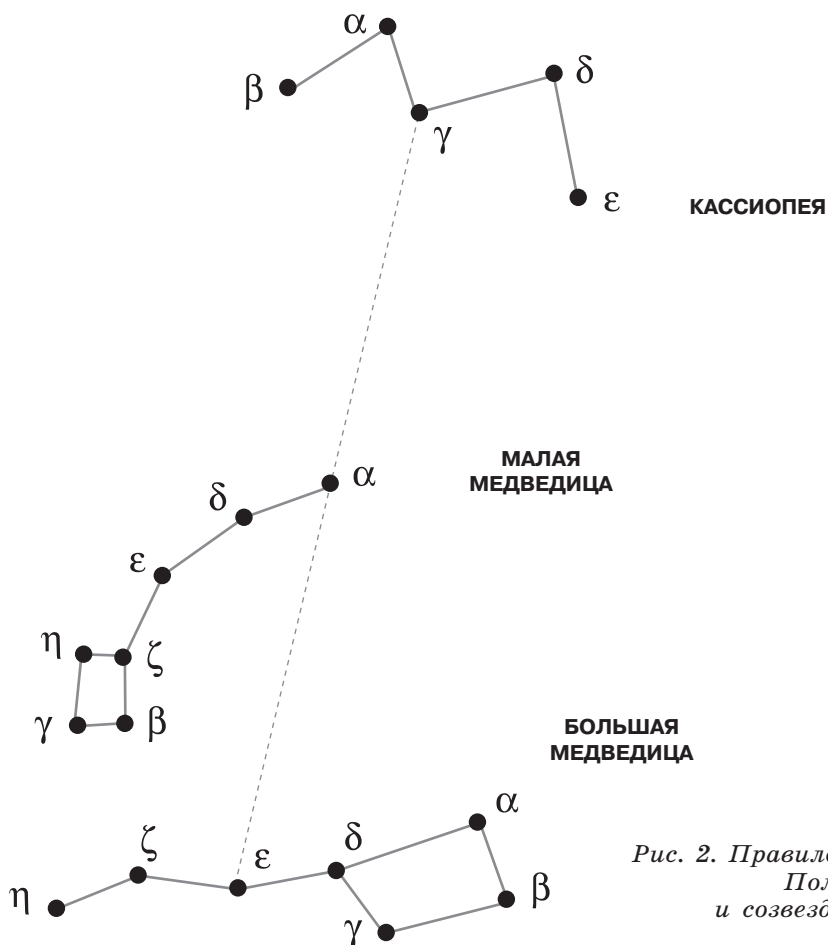


Рис. 2. Правило нахождения Полярной звезды и созвездия Кассиопея

План

1. Найдите на небе созвездие Большая Медведица.
2. Используя способ нахождения Полярной звезды, отыщите её на небосклоне. Помните: Полярная звезда всегда указывает направление на север.
3. Отыщите остальные звёзды созвездия Малая Медведица.
4. Зарисуйте в дневнике наблюдений конфигурацию и взаимное расположение созвездий Большая и Малая Медведицы, соблюдая масштаб. Более яркие звёзды изображайте большими кружочками, менее яркие — меньшими.
5. Продумайте, как можно наблюдать вращение небесного свода вокруг Северного полюса мира (вокруг Полярной звезды).

Наблюдение 4

Цель: изучение созвездия Кассиопея.

Необходимые материалы: дневник наблюдений, часы.

Предварительная подготовка

1. Зарисуйте в дневнике наблюдений взаимное расположение созвездий Большая, Малая Медведицы и Кассиопея, соблюдая масштаб (рис. 2). Более яркие звёзды изображайте большими кружочками, менее яркие — меньшими.

2. Способ нахождения созвездия Кассиопея: мысленно проведите линию от первой звезды ручки ковша Большой Медведицы (звезда η) через Полярную звезду и продолжите её на такое же расстояние за Полярную.

3. Когда созвездие Большая Медведица кульминирует вблизи зенита, Кассиопея занимает самое низкое положение в северной стороне неба, и наоборот.

План

1. Отыщите на небе созвездие Большая Медведица, Полярную звезду.

2. Найдите созвездие Кассиопея.

3. Зарисуйте взаимное расположение созвездий Кассиопея и Большая Медведица, соблюдая масштаб и ориентацию.

4. Какая из звёзд Кассиопеи кажется вам наиболее яркой? Пометьте её на рисунке.

5. Повторите наблюдения через 1–2 часа. Как изменилось взаимное расположение этих созвездий? Сделайте рисунок.

Наблюдения звёздного неба в мини-планетарии подробно описаны в [2].

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КУРСА АСТРОНОМИИ

Практически все кабинеты современных школ оборудованы компьютерами и проекционной аппаратурой (компьютер + мультимедийный проектор, компьютер + интерактивная доска). Данное оборудование весьма полезно для организации уроков астрономии. Как отмечалось выше, курс астрономии опирается на данные наблюдений, а потому нуждается в наглядности — использовании фотографий небесных объектов и явлений, карт, схем и т. п. Кроме того, много наглядного материала и даже готовых презентаций можно найти на сайтах для учителей физики и астрономии, в частности на сайте Стеллария — <http://stellaria.school>.

В настоящее время многие школы имеют возможность приобрести комплекс учебного оборудования для кабинета астрономии в рамках проекта «Техносфера современной школы». В указанный комплект входят как классические пособия и приборы, так и современное оборудование. Подробно это оборудование и принципы работы с ним описаны в [2].

Как правило, уроки астрономии проводят учителя физики, используется при этом кабинет физики. С учётом особенностей курса астрономии необходимо обеспечить наглядность обучения. Итак, перечислим тот минимум оборудования, которым следует оснастить кабинет для более эффективного изучения курса астрономии.

1. Модель небесной сферы позволит наглядно продемонстрировать её основные элементы. В настоящее время предлагаются упрощённые варианты таких моделей. Более удобной и информативной является **армиллярная сфера** (рис. 3), которая позволяет демонстрировать основные круги и линии небесной сферы, вид небесной сферы на разных широтах, суточное движение Солнца и светила (которое, как правило, изображается маленьким шариком,

свободно перемещающимся на круге высоты). Армилярная сфера может свободно вращаться вокруг оси, иллюстрирующей ось мира. Для установки модели на выбранную широту наблюдения необходимо переместить кольцо в подставке. Методика использования модели небесной сферы рассматривается в [6].

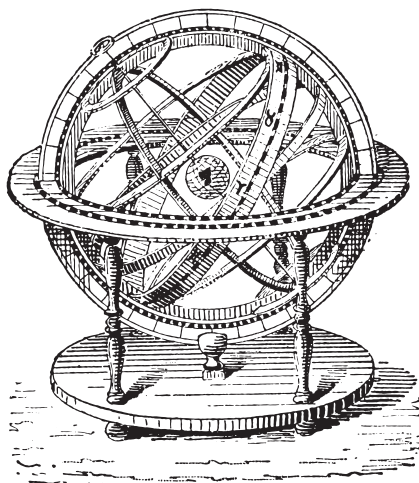


Рис. 3. Модель небесной сферы

2. Глобус звёздного неба (желательно, чтобы глобус имел подсветку).
3. Глобусы Земли, Луны, планет Солнечной системы.
4. Теллурий — прибор, демонстрирующий взаимные перемещения в пространстве Земли и Луны вокруг Солнца. Это устройство более подойдёт для младших классов.
5. Подвижная карта звёздного неба.
6. Карты звёздного неба с созвездиями.
7. Карты поверхности Луны, Марса.
8. Телескоп.
9. Квадрант (простейший квадрант можно сделать самостоятельно).

Если есть возможность, желательно приобрести для уроков астрономии набор «Звёздный мир». В его состав входят: телескоп, квадрант, набор макетов планет Солнечной системы (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн вместе с диском с изображением колец, Уран, Нептун), набор макетов планет земной группы и Луны (Меркурий, Венера, Земля, Луна, Марс), объекты Солнечной системы, набор макетов Галилеевых спутников Юпитера, включая Ио, Европу, Ганимед и Каллисто, набор развёрток поверхностей небесных тел, подвижная карта (планшет) звёздного неба, масштабная схема Солнечной системы и другие предметы, необходимые для проведения экспериментов. В комплекте имеется аннотация, содержащая полный перечень входящего в набор оборудования и список проводимых экспериментов. Набор сопровождается книгой — методическим руководством, в котором приводится подробное описание 80 опытов.

Отдельно остановимся на кратком описании переносного купольного мультимедиацентра, включающего в себя надувной купол и воздушный насос к нему, специализированный мультимедиапроектор и акустическую стереосистему. Фактически это устройство является мини-планетарием.

Купол в надутом виде имеет диаметр 5 м и высоту 3,2 м. Установить его можно в актовом зале или в рекреации школы. Для размещения зрителей можно использовать стулья (в комплект не входят) либо постелить на пол маты, на которых будут сидеть или лежать ученики. Всего под таким куполом комфортно могут разместиться около 15 старшеклассников или 20 учащихся младших классов.

Мультимедиапроектор *Emerald* серии *Lite*, оснащённый объективом «рыбий глаз» (*Fisheye*) и удалённой консолью, фактически представляет собой компьютер *PC*, объединённый со специализированным проектором. Изображение дублируется на присоединяемый при помощи кабеля сенсорный экран, который в инструкции назван удалённой консолью. На компьютер установлена операционная система *Windows 10 x64*, переведённая в режим планшета. Подразумевается, что учитель во время демонстрации работает с консолью как с планшетом, управляя установкой. Встроенный компьютер мультимедиапроектора содержит разъём *minijack* для подключения стереосистемы, имеющейся в комплекте. Вследствие этого воспроизводится звук в двухканальном варианте.

Подробно установка мультимедиацентра описана в [2]. Там же приводится и детальное описание демонстраций, которые можно выполнить с использованием этого оборудования.

При наличии описанного мини-планетария в школе возникают определённые трудности его использования в учебном процессе. Во-первых, купол довольно большой, поэтому можно либо установить его в специально отведённом помещении (что более удобно), либо каждый раз разворачивать и устанавливать временно (требует больше времени и менее удобно). Во-вторых, под куполом может находиться 15—16 человек, а классы, как правило, гораздо больше. В связи с этим проводить занятия под куполом удобно по подгруппам, но возникает проблема, чем занять вторую подгруппу, пока первая работает под куполом с учителем. В-третьих, в связи с особенностью конструкции желательное пребывание учащихся под куполом ограничить примерно 30 минутами, т. е. это будет часть урока. Вести записи под куполом также затруднительно.

На наш взгляд, наиболее удачным вариантом является стационарная установка мини-планетария в специально выделенном помещении (классе). В этом случае его можно использовать во внеурочное время для проведения демонстраций или просмотра учебных фильмов, а также и во время уроков. Овладеть методикой проведения демонстраций с использованием *Stellarium* несложно, и экскурсии под куполом могут проводить заинтересованные ученики. Опыт подобной работы имеется в школе № 29 г. Подольска Московской области: <https://mosregtoday.ru/soc/v-podol-skom-planetarii-shkol-nikam-pomogayut-kolonizirovat-solnechnuyu-sistemu/>; <https://www.youtube.com/watch?v=aI0v6j-qweA>

Остановимся вкратце на интернет-ресурсах для курса астрономии. Сайтов, посвящённых астрономии, огромное множество. Рекомендуем использовать те из них, которые содержат научную информацию, статьи, написанные ведущими учёными и методистами. Краткий обзор приведён ниже.

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Открытая астрономия — электронный учебник астрономии — <https://college.ru/astronomy/course/content/content.html>

Постнаука — интернет-журнал о современной фундаментальной науке и учёных, которые её создают, о популяризации научных знаний — <https://postnauka.ru/>

Стеллария — сайт для учителей астрономии и лекторов планетариев, а также для всех интересующихся — <http://stellaria.school>

Элементы — популярный сайт о фундаментальной науке — <https://elementy.ru/>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПЛАНЕТАРИЕВ

В настоящее время существует довольно много виртуальных планетариев, демонстрирующих звёздное небо на любую заданную дату, движения небесных тел, содержащих разнообразную информацию об астрономических объектах. Рекомендуем использовать на уроках и для самостоятельной работы учащихся один из них — *Stellarium*. Программное обеспечение бесплатное, скачать его можно с сайта <http://stellarium.org>. Интерфейс весьма дружелюбен к пользователю, овладеть навыками работы с данной программой несложно. Имеется платная версия для смартфонов.

Использование *Stellarium* в мини-планетарии подробно описано в [2]. Отметим, что эту программу можно использовать, выведя её на экран, но тогда мы получаем плоское изображение участка неба и эффект снижается. Рекомендуем ознакомиться с записью вебинара И. С. Царькова «Электронные планетарии на уроках астрономии» — <https://www.youtube.com/watch?v=al0v6j-qweA&feature=youtu.be>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ализар А. Открытие гравитационных волн и новая эра астрономии: комментарии российских физиков. [Электронный ресурс] / А. Ализар. Код доступа: <https://geektimes.ru/post/270936/>

2. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

3. Кондакова Е. В. Конструирование дидактической системы астрономического образования в условиях интегрированного изучения физики и астрономии: Монография. — Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2005.

4. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — 48 с. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

5. Левитан Е. П. Дидактика астрономии. — М.: Едиториал УРСС, 2004.

6. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

7. Льюэлли М. История физики. — М.: Мир, 1970.
8. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.
9. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997. — 688 с.
10. Rosenberg M. Astronomy in Everyday Life / [Электронный ресурс] / Marissa Rosenberg, Pedro Russo, Georgia Bladon, Lars Lindberg Christensen. Код доступа: http://www.iau.org/public/themes/why_is_astronomy_important/

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОУРОЧНОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ УРОКОВ АСТРОНОМИИ

Учебный предмет «Астрономия» является обязательным для изучения на базовом уровне среднего (полного) общего образования. Общеобразовательные организации самостоятельно определяют место данного предмета в учебном плане. Возможны следующие модели:

- 1 час в неделю в 10 классе;
- 1 час в неделю в 11 классе;
- 1 час в неделю во втором полугодии 10 класса и 1 час в неделю в первом полугодии 11 класса;
- 2 часа в неделю в одном из четырёх полугодий 10—11 классов.

Небольшой объём учебных занятий предполагает, что акцент делается на теоретическом содержании курса. Но так как предполагается проведение всероссийских проверочных работ по астрономии, следует уделить внимание решению задач. Кроме того, наука астрономия базируется на наблюдениях, её положения и теории проверяются наблюдениями, поэтому необходимо формирование умений проводить астрономические наблюдения и анализировать увиденное.

Существенным недостатком школьного курса астрономии является невозможность проводить астрономические наблюдения (за исключением наблюдений Солнца) во время уроков. Мы видим три возможных варианта решения этой проблемы: организация и проведение наблюдений за астрономическими объектами во внеурочное время; самостоятельно по разработанному с помощью учителя плану; в планетарии. Все три варианта представлены в пособии.

Как уже отмечалось, практически каждый урок астрономии предполагает изучение нового материала. Если материал объёмный, то возникает проблема с проверкой ранее изученного. Автор предлагает в середине курса (урок 16) провести итоговый урок. Форма проведения данного урока может быть различной: урок-конференция с обсуждением изученного материала, контрольная работа (тест, ответы на вопросы, решение задач и т. п.), нетрадиционные формы урока (например, по образцу телевизионных шоу «Своя игра», «Что? Где? Когда?» и т. п.). Проверочные материалы учителя могут найти на сайте Стеллария.

Разработанные планы уроков являются примерными, учитель может изменять и дополнять их в соответствии с подготовленностью класса, условиями преподавания (наличие или отсутствие учебного оборудования, мини-планетария и т. п.), собственным опытом преподавания.

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ (1 ч)

Номер урока	Тема урока
1	Структура и масштабы Вселенной, методы её изучения

Тема «Введение в астрономию» — первая тема курса, изучается в объёме 1 часа. Первый урок нового учебного предмета важен, так как именно на этом уроке есть возможность заинтересовать учащихся, повысить их мотивацию к изучению не только астрономии, но и тесно связанной с ней физики.

У учащихся уже имеется некоторый запас астрономических знаний, почерпнутых из курсов «Окружающий мир», «Физика», из обыденной жизни, средств массовой информации, фильмов, Интернета. Одна из задач первого урока — составить представление об этих имеющихся знаниях. Поэтому урок лучше провести в форме беседы, стимулируя учащихся высказывать своё мнение, делиться имеющимися у них знаниями. В решении этой задачи может помочь практическая работа 1 «Оценивание расстояний и размеров объектов во Вселенной» тетради-практикума.

На уроке по этой теме ученики познакомятся со структурой и масштабами Вселенной, узнают о методах её изучения. Следует подчеркнуть, что современной астрономии доступны наблюдения во всех диапазонах длин волн: от гамма-излучения до радиоволн, а во Вселенной вещество может находиться в таких условиях, которые невозможно создать на Земле. Также ученики узнают о современных земных обсерваториях и космических телескопах.

Если в школе имеется мини-планетарий, то первый урок астрономии желательно провести с его использованием. Это позволит сразу же погрузить школьников в чудесный и загадочный мир астрономии, продемонстрировать астрономические объекты и явления не только с использованием статичных иллюстраций, но и в движении.

Рекомендуем использовать медиаобъекты: фотографии, анимации, видеофрагменты. Следует всё время напоминать учащимся о наблюдательном характере науки астрономии, иллюстрируя рассказ показом соответствующих объектов.

АСТРОМЕТРИЯ (6 ч)

Номер урока	Тема урока
2	Звёздное небо
3	Небесная сфера. Системы небесных координат
4	Видимое движение планет и Солнца
5	Суточное видимое движение Солнца
6	Движение Луны и затмения
7	Время и календарь

Тема «Астрометрия» изучается на шести уроках, в учебнике эта тема представлена пятью параграфами. Дополнительный урок (урок 5 «Суточное видимое движение Солнца») введён из-за важности формирования умений объяснять видимые движения небесных тел, и прежде всего Солнца. К сожалению, уровень астрономических знаний в настоящее время является очень низким. Хотя ученики и изучали причины смены дня и ночи, времён года ещё в начальной школе, опыт автора показывает, что типичным ответом на вопрос о причине смены времён года является следующий: «Летом Земля расположена ближе к Солнцу, чем зимой». Для многих учеников открытием является то, что в Южном полушарии Земли Солнце днём находится в северной части неба, а на широтах между тропиками Рака и Козерога Солнце полгода перемещается по южной части небосвода, а другие полгода — по северной. Удивление вызывает факт, что вблизи экватора день равен ночи в течение всего года.

Основная задача при изучении материала данной темы — описать видимое движение светил и объяснить, как это видимое движение связано с их реальным перемещением в пространстве.

Несмотря на то что понятие небесной сферы было введено в древности, оно и сейчас используется в астрономии. Важность изучения материала данной темы можно подчеркнуть примерами его практического применения: системы позиционирования (*GPS*, Глонасс), служба времени, мобильная связь, спутниковое телевидение и т. п.

Ученики знакомятся со звёздным небом, небесными координатами, анализируют видимое движение планет и Солнца на фоне звёзд, суточное движение Солнца, движение Луны, устанавливают причины солнечных и лунных затмений, знакомятся с принципами счёта времени и устройством календарей. Понятия, формируемые при изучении данной темы, устанавливаемые закономерности являются очень важными в понимании и объяснении многих наблюдаемых явлений и закономерностей. Хотя методика изучения данной темы достаточно хорошо разработана, сама тема малопривлекательна и воспринимается учениками как нечто устаревшее, многие понятия воспринимаются с трудом. Развитию интереса и глубокому усвоению изучаемых понятий способствуют занятия, проводимые в планетарии, наблюдения звёздного неба, использование наглядных пособий. Подробно методика изложения этой темы с использованием указанных средств описана в [2].

Особенность изложения материала данной темы заключается в том, что описывается видимое движение планет, объяснение петлеобразного движения будет дано в следующей теме.

Лабораторный практикум по данной теме включает две практические работы: 2 «Построение графических моделей небесной сферы» и 3 «Исследование суточного видимого движения Солнца». Отметим также, что работа с понятием «*небесная сфера*», определениями её основных точек, линий и плоскостей, небесных координат способствует развитию пространственного мышления учащихся.

Ограниченность времени не позволяет выделить отдельный урок для решения задач. Задачи следует использовать для закрепления изученного материала, оценки уровня его усвоения, самостоятельной и домашней работы. Методика решения задач данной темы достаточно хорошо разработана и приведена в методических пособиях, например в [8].

Обобщение изученного материала проводится в конце последнего урока этой темы (урок 7). Используем рубрику «Подведём итоги» (с. 32 учебника). При наличии времени проводим дискуссию по вопросам, предложенным автором для обсуждения (с. 32 учебника).

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (3 ч)

Номер урока	Тема урока
8	Система мира и видимое движение планет
9	Законы Кеплера
10	Космические скорости. Межпланетные полёты

Изучение темы «Небесная механика» занимает 3 часа, в учебнике она представлена четырьмя параграфами. Материал темы тесно связан с курсом физики: учащиеся знакомы с законом всемирного тяготения, знают, как применять законы динамики для расчёта движения искусственного спутника Земли и рассчитать космические скорости. Эти знания будут углублены и расширены в процессе изучения данной темы.

На предыдущих уроках изучались видимые астрономические явления и процессы, в том числе видимое движение планет. Небесная механика объясняет физическую природу наблюдаемых астрономических явлений и видимых движений. Таким образом, осуществляется переход от видимого к действительному.

Первый урок в рамках данной темы посвящён рассмотрению систем мира — представлений учёных о том, как устроен окружающий мир. Основной причиной смены геоцентрической системы мира на гелиоцентрическую была необходимость в создании более простой системы для расчёта положения планет. Сложное видимое движение планет на небесном своде обусловлено их обращением вокруг Солнца. Но этот факт не является очевидным для наблюдателя, находящегося на Земле. Учащиеся знакомятся с конфигурациями планет — характерными взаимными положениями Солнца, Земли и планет. Данный урок рекомендуется провести в форме научной дискуссии, так как учащиеся уже знакомы с геоцентрической и гелиоцентрической моделями мира из курса «Окружающий мир». В процессе обсуждения материала урока следует особо отметить, что гелиоцентрическая система позволяет объяснить петлеобразное движение планет, определить порядок их расположения от Солнца и вычислить расстояния от планеты до Солнца в относительных единицах (радиусах земной орбиты) с помощью несложных геометрических представлений.

Второй урок по данной теме посвящён изучению законов Кеплера. Важно отметить, что эти законы были эмпирически открыты по наблюдениям видимого движения планет Солнечной системы, но область их применения гораздо шире: они описывают движение в системе любых двух гравитационно связанных тел. В учебнике не рассматривается детально, как можно определить массы небесных тел с помощью третьего обобщённого закона Кеплера. Это может быть темой для самостоятельного изучения.

Третий, заключительный, урок посвящён космическим скоростям и межпланетным полётам. В учебнике приводится пример расчёта оптимальной траектории движения космического аппарата. На этом же уроке предусмотрено проведение лабораторной работы 4 «Исследование движения искусственных спутников Земли» тетради-практикума.

В задачник по этой теме включены качественные задачи, проверяющие умения применять знания для объяснения наблюдаемых небесных явлений (видимость планет, их движение), и задачи на определение средних расстояний между объектами Солнечной системы, периодов обращения, космических скоростей. Часть задач имеют межпредметный характер: для их решения требуется использовать законы классической механики.

Изучение темы завершает обсуждение итогов выполнения лабораторной работы, вопросов, предложенных автором учебник (с. 48 учебника).

СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ (6 ч)

Номер урока	Тема урока
11	Современные представления о Солнечной системе и её происхождении
12	Земля и Луна
13	Планеты земной группы
14	Планеты-гиганты. Планеты-карлики
15	Малые тела Солнечной системы
16	Контрольная работа по темам «Введение в астрономию», «Астрометрия», «Небесная механика», «Строение Солнечной системы»

Изучение темы «Строение Солнечной системы» рассчитано на 6 часов, в учебнике она представлена семью параграфами. Рекомендуем объединить параграфы «Современные представления о Солнечной системе» и «Современные представления о происхождении Солнечной системы» и рассмотреть этот материал на первом уроке по данной теме. Следует обратить внимание учащихся на строгий порядок в строении Солнечной системы, на группы объектов и их отличительные признаки. От современных представлений о строении Солнечной системы рекомендуем перейти к рассмотрению гипотез о её происхождении и образовании планет. В учебнике описана космогоническая гипотеза Шмидта, которая на сегодняшний день подтверждена как теоретическими расчётами, так и наблюдательными фактами: во Вселенной найдены планетные системы, подобные Солнечной.

В процессе изучения планеты Земля ученики опираются на полученные ранее в курсе географии знания о её физических характеристиках (масса, диаметр, плотность, средняя температура поверхности) и внутреннем строении.

Из курса физики школьники знают о магнитном поле Земли, его роли в защите от космических лучей и частиц, механизме парникового эффекта. Урок рекомендуем организовать в форме беседы, повторяя и углубляя имеющиеся знания о Земле. Так как Земля и Луна образуют систему, логично на этом же уроке изучить природу Луны и её влияние на Землю.

Так как материал о планетах Солнечной системы представлен описательно, рекомендуем провести соответствующие уроки в форме научной конференции: учащиеся выступают с докладами, отвечают на вопросы, обсуждают информацию. Итог уроков-конференций — «портреты» планет земной группы и планет-гигантов, которые составляются постепенно по мере обсуждения каждой планеты. Лабораторную работу «Изучение вулканической активности на спутнике Юпитера Ио» (тетрадь-практикум, с. 16—17) можно предложить учащимся выполнить самостоятельно и представить результаты на следующем уроке.

К малым телам Солнечной системы относятся астероиды, кометы, метеоры, метеорные тела, или метеороиды. Следует дать строгое определение каждого понятия, указать их характерные признаки.

Изучение темы завершает контрольная работа по всему изученному материалу (темы «Введение в астрономию», «Астрометрия», «Небесная механика», «Строение Солнечной системы») в виде теста, в который можно включить дополнительные задачи. Возможны варианты проведения заключительного урока в нетрадиционной форме, например такой, как астрономический бой, или по типу популярных телевизионных шоу («Своя игра», «Что? Где? Когда?» и т. п.).

АСТРОФИЗИКА И ЗВЁЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (7 ч)

Номер урока	Тема урока
17	Методы астрофизических исследований
18	Солнце и его основные характеристики
19	Внутреннее строение и источник энергии Солнца
20	Наблюдаемые характеристики звёзд и их взаимосвязь
21	Массы звёзд. Внутреннее строение звёзд
22	Белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры
23	Двойные, кратные и переменные звёзды
24	Эволюция звёзд

На изучение темы «Астрофизика и звёздная астрономия» отводится 8 уроков.

Звёзды являются наиболее распространёнными объектами Вселенной, поэтому изучение их характеристик, происходящих в них процессов очень важно для понимания происхождения материи и законов эволюции Вселенной.

Хотя звёзды очень сложные с точки зрения физики объекты, сущность их физической природы вполне доступна для усвоения учащимися. При описании строения звёзд, процессов, происходящих в них, их рождения и эволюции используется весь арсенал физики: механика, термодинамика и молекулярная физика, электродинамика, оптика, физика атома и ядра, квантовая физика.

Первый урок по данной теме посвящён обзору методов астрофизических исследований. Учащиеся знакомятся с различными видами телескопов и их систем.

Изучение звёзд начинается с рассмотрения Солнца как типичной звезды. Это единственная близкая к нам звезда, свойства которой изучены достаточно подробно. Но следует отметить, что физика Солнца — развивающаяся наука, благодаря улучшению наблюдательной техники и методов регистрации и обработки получаемой информации учёные получают новые факты, проверяют уже построенные теории.

Учащиеся самостоятельно устанавливают взаимосвязь между светимостью и спектральным классом (температурой) звёзд — характеристиками, которые определяются непосредственно из наблюдений (лабораторная работа 6 «Построение диаграммы Герцшпрунга—Рессела и её анализ» тетради-практикума). Основная идея, которая пронизывает данную тему, заключается в том, что, несмотря на огромные расстояния до звёзд, современные методы их изучения, основанные на законах физики, позволяют определить физические характеристики, особенности строения и этапы эволюции этих объектов.

В задачнике учебно-методического комплекса по данной теме представлены качественные и количественные задачи, решение которых способствует формированию умения применять знания как в типичной, так и в нестандартной ситуации. Задачи весьма разнообразны: определение параметров телескопов, условий видимости объектов, энергии, выделяемой Солнцем и звёздами, вычисление характеристик звёзд: плотности, светимости, абсолютной звёздной величины, параметров орбит звёзд в двойных системах. Для решения задач отводится часть времени на уроках после изучения нового материала.

Так как данная тема очень объёмная, обобщение изученного материала проводится в конце последнего урока в форме дискуссии по вопросам, предложенным для обсуждения (с. 106 учебника).

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ (2 ч)

Номер урока	Тема урока
25	Распределение вещества в Галактике. Форма Галактики
26	Структура Галактики

Изучению темы 6 «Млечный Путь» посвящены два урока. В учебнике материал представлен тремя параграфами. Предусмотрено выполнение лабораторной работы «Оценивание формы Галактики методом «звёздных черпков».

Изучение темы желательно предварить наблюдениями звёздного неба. Использование мини-планетария или экскурсия в большой планетарий позволит

продемонстрировать учащимся вид Млечного Пути на небе в различные сезоны: на небесной сфере он выглядит как большое кольцо, делящее небесную сферу почти точно пополам.

В ходе выполнения лабораторной работы «Оценивание формы Галактики методом «звёздных черпков» учащиеся работают с реальными картами участков звёздного неба и самостоятельно делают вывод о форме Галактики.

С учётом того что на изучение данной темы отводится всего 2 часа, не следует увлекаться сообщением большого числа данных и разрозненных фактов, необходимо сформировать целостную картину нашего звёздного острова — Галактики, описать её состав и структуру. Следует подчеркнуть, что звёзды удерживаются в пределах Галактики силой взаимного тяготения, что вывод о наличии сверхмассивной чёрной дыры в центре Млечного Пути был сделан на основе анализа орбит звёзд, обращающихся вокруг невидимого центра.

Мы не можем увидеть нашу Галактику со стороны, но мы можем сделать вывод о её форме и структуре, анализируя данные наблюдений и изучая другие галактики. Наши представления об окружающем мире зависят от развития наблюдательной техники и науки в целом. На примере материала данной темы учащиеся имеют возможность убедиться в познаваемости окружающего мира человеком, в неисчерпаемости и многообразии свойств материи и относительности наших знаний о ней, в объективности получаемых данных и выводимых на их основе закономерностей и законов, в существовании причинно-следственных связей между наблюдаемыми космическими явлениями.

В задачник по этой теме включены качественные задачи, проверяющие умение применять знания для объяснения наблюдаемых явлений (образование звёзд из холодного газа, молодые и старые звёздные скопления, их распределение в Галактике), и задачи на определение возраста звёздных скоплений, оценку расстояния между звёздами, светимости звёзд в скоплениях, расстояний до скоплений, массы чёрной дыры. Часть задач имеют межпредметный характер: для их решения требуется использовать законы физики.

Обобщение изученного материала проводится в конце последнего урока этой темы (урок 26). Используем рубрику «Подведём итоги» (с. 114 учебника). При наличии времени проводим дискуссию по вопросам, предложенным автором для обсуждения (с. 114 учебника).

ГАЛАКТИКИ (3 ч)

Номер урока	Тема урока
27	Классификация галактик
28	Лабораторная работа «Определение скорости удаления галактик по их спектрам»
29	Активные галактики и квазары. Скопления галактик

На изучение темы «Галактики» отводится три урока. Предусмотрено выполнение лабораторной работы «Определение скорости удаления галактик по их спектрам», которая занимает урок полностью.

В процессе изучения этой темы ученики опираются на полученные ранее в курсе астрономии знания о составе и структуре Млечного Пути. Так как галактики невозможно наблюдать детально невооружённым глазом или с помощью школьного телескопа, следует сделать акцент на демонстрацию их изображений, полученных современными космическими и наземными телескопами.

Наблюдения других галактик с помощью наземных и космических телескопов позволили установить далеко не очевидный факт: звёзды не заполняют равномерно всего пространства, а образуют сложные звёздные системы — галактики.

Следует упомянуть о глубоких обзорах неба, которые позволили составить карту доступной наблюдениям части Вселенной. Данные наблюдений позволили выявить крупномасштабную (или ячеистую) структуру Вселенной.

При изучении темы постоянно следует опираться на данные наблюдений, выполненных с помощью современной техники. Это позволит убедить учащихся в познаваемости Вселенной, продемонстрировать связь между уровнем развития науки, прежде всего физики, и наблюдательной техникой, с одной стороны, и современными моделями Вселенной — с другой.

Лабораторная работа «Определение скорости удаления галактик по их спектрам» выполняется в течение одного урока. В ходе её выполнения учащиеся самостоятельно, анализируя спектры галактик, формулируют закон Хаббла и устанавливают физический смысл постоянной Хаббла.

Задачи по данной теме весьма разнообразны. Для решения большинства из них учащимся потребуется вспомнить как изученный ранее на уроках астрономии материал (законы Кеплера, определение парсека, разрешающая способность телескопа, светимость, освещённость), так и законы физики (закон всемирного тяготения, законы классической механики, элементы специальной теории относительности, закон обратных квадратов).

Изучение темы заканчивается обобщением изученного материала. Используем рубрику «Подведём итоги» и проведём дискуссию по вопросам, предложенным автором для обсуждения (с. 124 учебника).

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ (2 ч)

Номер урока	Тема урока
30	Конечность и бесконечность Вселенной. Расширяющаяся Вселенная
31	Модель «горячей Вселенной»

Изучению темы 8 «Строение и эволюция Вселенной» посвящены два урока. В учебнике материал представлен тремя параграфами.

Современные представления о строении Вселенной, её эволюции содержат ряд важных и довольно сложных для учащихся понятий и представлений, которые невозможно достаточно полно и глубоко объяснить на уроках, особенно с учётом ограниченности времени, отводимого на изучение темы. Со многими понятиями, например «кривизна пространства», «сингулярность», «энтропия»

и т. п., учащиеся незнакомы. В рамках школьного курса не представляется возможным изучение инфляционной модели Вселенной, модели ускоренного расширения Вселенной. Однако упомянуть об этих моделях на уровне описания целесообразно.

При изучении темы постоянно следует обращать внимание учащихся на то, что все рассматриваемые модели согласуются с данными наблюдений и не противоречат физическим теориям. Привести все наблюдаемые факты не представляется возможным, поэтому следует ограничиться подробным обсуждением расширения Вселенной, реликтового излучения, оцениванием химического состава видимого вещества Вселенной и сравнением полученных данных с наблюдаемыми.

Изложение материала сопровождается численными расчётами критического значения средней плотности вещества, радиуса метagalактики, возраста Вселенной. Учащиеся убеждаются, что изученные ими законы применимы к описанию Вселенной, их использование позволяет получить результаты, подтверждаемые наблюдениями.

В задачник по этой теме включены качественные задачи, проверяющие глубину усвоения материала, задачи на вычисление критической плотности в разные эры, определение концентрации реликтовых фотонов, атомов водорода при особых условиях.

Материал данной темы очень объёмный и сложный, его обобщение проводится в конце последнего урока в форме дискуссии по вопросам, предложенным для обсуждения (с. 134 учебника).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ (2 ч)

Номер урока	Тема урока
32	Ускоренное расширение Вселенной и тёмная энергия. Обнаружение планет возле других звёзд
33	Поиск жизни и разума во Вселенной
34	Итоговая контрольная работа, или урок-конференция «Что мы знаем о Вселенной»

На изучение темы 9 «Современные проблемы астрономии» отводится два урока. Предусмотрено выполнение лабораторной работы «Оценивание возможности наличия жизни на экзопланетах».

Современные проблемы астрономии, которые рекомендуется рассмотреть в рамках данной темы, активно обсуждаются в средствах массовой информации, в Интернете. В связи с этим у учащихся могут сформироваться ложные представления о некоторых аспектах рассматриваемых проблем. При объяснении и обсуждении данных проблем следует придерживаться принципов научности и достоверности: излагаемый материал должен отражать современные научные представления об изучаемом явлении, процессе, должен быть подтверждён наблюдениями или моделированием, выполненным с привлечением физических теорий и математического аппарата. Следует также продолжить

формирование умений оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях.

При выполнении лабораторной работы «Оценивание возможности наличия жизни на экзопланетах» учащиеся смогут самостоятельно проанализировать данные о 4 реальных экзопланетах и в первом приближении оценить, находятся ли эти планеты в зоне обитаемости.

В задачнике по данной теме представлены качественные и количественные задачи, решение которых проверяет как глубину усвоения материала, так и умение применять имеющиеся знания для объяснения наблюдаемых явлений, вычисления расстояний до объектов, их физических параметров, оценки возможности существования планет земного типа у других звёзд.

Завершает изучение данной темы итоговая контрольная работа. По желанию учителя последний урок можно провести в форме научной конференции, посвящённой обобщению всего изученного на уроках астрономии материала.

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ

Интеграционное пространство

Физика: плотность вещества, концентрация, температурная шкала Кельвина, шкала электромагнитных волн, скорость света, излучение.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении расчётных задач, нормальная форма числа, степень, синус и тангенс малых углов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Статья Д. Вибе «Hubble eXtreme Deep Field: самое детальное изображение Вселенной» — <https://postnauka.ru/faq/76350>

Видеолекция В. Г. Сурдина «Современные телескопы» — <https://postnauka.ru/lectures/38422>

Видеолекция А. В. Засова «Астрономические измерения: насколько им можно доверять?» — <https://polymus.ru/ru/pop-science/video/astromicheskie-izmereniya-naskolko-im-mozhno-doveryat-anatoliy-zasov/>

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 7—14), задачник (с. 4—6), тетрадь-практикум (с. 4—5).

Дополнительные ресурсы

1. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

2. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

3. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

4. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

5. *Сурдин В. Г.* Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

6. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

— познакомить с предметом изучения астрономии, астрономическими объектами, явлениями, методами познания Вселенной, современными наземными и космическими телескопами, современными представлениями о структуре и строении Вселенной;

— раскрыть роль наблюдений как основного метода астрономии.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

— знает предмет изучения астрономии, определение Вселенной;
— описывает методы изучения Вселенной;
— перечисляет астрономические объекты и указывает их характерные признаки;

— умеет классифицировать астрономические объекты;

— аргументированно раскрывает роль наблюдений как основного метода астрономии;

— имеет представление о современных земных обсерваториях, космических, гравитационно-волновых и нейтринных телескопах;

— описывает структуру и пространственные масштабы Вселенной;

— понимает роль астрономии в развитии наук и в жизни современного человека;

— умеет приводить примеры роли астрономии в развитии цивилизации, получения информации об астрономических объектах с помощью космических аппаратов.

УРОК 1. СТРУКТУРА И МАСШТАБЫ ВСЕЛЕННОЙ, МЕТОДЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

Задачи урока:

— познакомить с предметом изучения астрономии, астрономическими объектами, явлениями, методами познания Вселенной, современными наземными и космическими телескопами;

— изучить различные типы небесных объектов;

— раскрыть роль наблюдений как основного метода астрономии;

— рассмотреть современные представления о Вселенной;

— установить роль астрономии в развитии наук и в жизни человека.

Планируемые результаты обучения учащегося:

— знает предмет изучения астрономии, определение Вселенной;
— описывает методы изучения Вселенной;
— перечисляет астрономические объекты и указывает их характерные признаки;

— умеет классифицировать астрономические объекты;

- аргументированно раскрывает роль наблюдений как основного метода астрономии;
- имеет представление о современных земных обсерваториях, космических, гравитационно-волновых и нейтринных телескопах;
- описывает структуру и пространственные масштабы Вселенной;
- понимает роль астрономии в развитии наук и в жизни современного человека;
- умеет приводить примеры роли астрономии в развитии цивилизации, получения информации об астрономических объектах с помощью космических аппаратов.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 1, 2); задачник; тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: переносной купольный мультимедиа-центр, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска); виртуальный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 1, 2, ответить на вопросы, решить задачи 1 и 2; задачник: № 1.6, 1.9; провести самостоятельные наблюдения звёздного неба, в ходе которых найти известным ученикам созвездия и сделать зарисовки (можно воспользоваться планами наблюдений 2, 3, 4, описанными в п. «Наблюдения в школьном курсе астрономии»).

Рекомендации методиста

Первый урок нового учебного предмета важен, так как именно на этом уроке есть возможность заинтересовать учащихся, повысить их мотивацию к изучению не только астрономии, но и тесно связанной с ней физики.

Учащиеся приходят на первый урок, имея уже некоторый запас астрономических знаний. Целесообразно попросить школьников перечислить известные им небесные тела. Воспользуйтесь тетрадью-практикумом. Практическая работа 1 «Оценивание расстояний и размеров объектов во Вселенной» позволит оценить, знают ли учащиеся основные астрономические объекты, умеют ли их классифицировать. Методические рекомендации по выполнению работы приведены в [2]. Если ученики затрудняются в выполнении заданий, отложите эту работу. Также можно предложить школьникам ответить на вопросы работы в начале урока, а затем в конце и сравнить, изменятся ли ответы.

Конкретизируем и расширяем определение науки астрономии: астрономия — наука о небесных телах, которая изучает:

- видимые и действительные движения небесных тел и законы, определяющие эти движения;

- природу, физическое состояние, происхождение и эволюцию небесных тел и систем, из них состоящих: Солнечную систему и другие планетные системы, звёздные скопления, галактики, газопылевые туманности, скопления галактик, Вселенную в целом.

Следует уточнить и развить понятие **Вселенная**. Довольно часто это понятие ассоциируется с космосом, с небесными объектами. Но **Вселенная** — это весь окружающий нас мир, в том числе Земля и всё, что на ней находится. Поэтому появилась трактовка: «Астрономия — наука обо всём, что нас окружает». Но школьный курс астрономии ориентирован на изучение небесных объектов, как это сложилось исторически.

Знакомя учащихся со структурой и масштабами Вселенной, приходим к выводу, что привычные нам единицы измерения расстояний — метр, километр — являются слишком малыми для астрономии. Вводим единицу измерения расстояний — **световой год**. Как правило, учащиеся знают определение светового года, поэтому достаточно его повторить и произвести вычисления значения этой величины в километрах (учебник, с. 8). Обращаем внимание учеников на то, что так как скорость света — это максимально известная в природе скорость, то удалённые астрономические объекты мы видим такими, какими они были в прошлом. Протяжённость Вселенной, с одной стороны, и развитие наблюдательной техники — с другой, позволяет астрономам наблюдать Вселенную в развитии. Так, например, все этапы эволюции звёзд — от рождения до смерти — не только обоснованы теоретически, но и наблюдаемы астрономами.

Для иллюстрации взаимосвязи астрономии и физики полезно предложить учащимся вспомнить, как был открыт закон всемирного тяготения. Результаты астрономических наблюдений ставили и продолжают ставить перед физикой задачи, часть из которых уже решена, а часть находится в стадии решения. Благодаря развитию физики и техники в настоящее время вся Вселенная стала поистине физической лабораторией! Предложите учащимся привести примеры известных им открытий последних лет.

В силу специфики астрономических объектов основным методом астрономии являются наблюдения. Приобщиться к этой науке весьма легко — нужно терпение и ясное небо, и учащиеся самостоятельно смогут повторить открытия древних астрономов: определить, как изменяется вид звёздного неба от месяца к месяцу, пронаблюдать фазы Луны, научиться находить планеты, а если есть возможность проводить наблюдения регулярно, то и обнаружить особенности движения планет, наблюдать метеорные потоки и т. д.

Первым астрономическим инструментом был глаз наблюдателя. В настоящее время учёные проводят наблюдения во всех диапазонах длин волн. В связи с этим расширилось само понятие **телескоп**. Ранее под **телескопом** понимали оптический прибор, основная задача которого — собрать как можно больше света, т. е. излучения в оптическом диапазоне. Задача современных телескопов осталась той же — собрать как можно больше излучения, но уже не только в оптическом диапазоне. Современные телескопы — это сложные и дорогостоящие системы, а современные астрономы-наблюдатели уже не проводят ночи, смотря в объектив. Ограниченность времени урока не позволяет

подробно познакомиться с современными телескопами и спецификой их работы. Можно порекомендовать учащимся самостоятельный просмотр лекции В. Г. Сурдина «Современные телескопы».

Далее вновь возвращаемся к практической работе 1 «Оценивание расстояний и размеров объектов во Вселенной» тетради-практикума. Учащиеся самостоятельно выполняют задания и делают вывод о правильности своих ответов в начале урока.

Для более глубокого понимания физического смысла и величины внесистемных единиц измерения длины, используемых в астрономии, предлагаем учащимся самостоятельно разобрать решение задачи 1 на с. 5 задачника. Оценить величину числа атомов во Вселенной помогает решение задачи 2 на с. 6 задачника. Представление о масштабах Вселенной учащиеся получают, решая задачу 3 на с. 6 задачника.

В конце урока подводим итоги, отвечая на вопросы учебника (с. 11 и 13) и обсуждая ответы на вопросы к практической работе 1.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. При наличии в школе мультимедиацентра (мини-планетария) следует организовать демонстрации звёздного неба под куполом на уроке или во внеурочное время.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты, тетрадь-практикум)	Обсуждение небесных объектов, представленных на фото	Показывает фотографии небесных объектов, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Определяет, какие небесные объекты изображены на фотографиях, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Разбор решения задачи (задачник)	Объяснение решения задачи	Анализирует условие, записывает данные, объясняет решение задачи, обсуждает с учениками основные пункты решения	Участвует в анализе условия задачи, записывает решение задачи в тетради, выделяет основные этапы решения
Подведение итогов урока (учебник, тетрадь-практикум)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

АСТРОМЕТРИЯ

Интеграционное пространство

Физика: применение закона прямолинейного распространения света для объяснения солнечных и лунных затмений.

Математика: градусная и часовая мера угла, сфера, угловая мера дуги, двугранный угол.

География: географические координаты: широта и долгота; часовые пояса; нулевой (Гринвичский) меридиан.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Анимация, демонстрирующая движение Земли вокруг Солнца, следствием которого является видимое движение Солнца среди звёзд по эклиптике, — https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic_with_earth_and_sun_animation.gif

Компьютерный урок «Земля и Солнце» — <http://astronomy-lesson.datalaboratory.ru>

Анимации астрономических явлений и процессов, интерфейс на английском языке — <http://astro.unl.edu/animationsLinks.html>

Полная информация о предстоящих затмениях — <https://www.timeanddate.com/eclipse/list.html>

Интерактивная карта часовых поясов мира — https://www.worldtimezone.com/index_ru.php

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 15—32), задачник (с. 7—17), тетрадь-практикум (с. 6—12).

Дополнительные ресурсы

1. Жаров В. Е. Сферическая астрономия. — Фрязино. 2006. — <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817>, http://iaaras.ru/media/library/zharov_sf.pdf
2. Зигель Ф. Ю. Сокровища звёздного неба: путеводитель по созвездиям и Луне. — М.: Наука, 1987.
3. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.
4. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>
5. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.
6. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.
7. Позднякова И. Ю., Катникова И. С. Путеводитель по звёздному небу России. — М.: Эксмо, 2016. — 192 с.
8. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.
9. Шевченко В. В. Луна и её наблюдение. — М.: Наука, 1983.

Цели:

- научить ориентироваться на звёздном небе, используя яркие звёзды, созвездия, астеризмы;
- познакомить с моделью небесной сферы, изучить её основные элементы;
- познакомить с видимым движением звёзд, планет, Солнца, Луны;
- научить описывать суточное движение Солнца в разные даты и на разных широтах;
- научить объяснять причины фаз Луны, солнечных и лунных затмений;
- познакомить с принципами счёта времени и принципами построения календарей.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определения основных понятий: созвездие, астеризм, звёздная величина, ось мира, Северный полюс мира, Южный полюс мира, эклиптика, зодиакальные созвездия, небесная сфера, небесный экватор, небесный меридиан, математический горизонт;
- умеет различать созвездия и астеризмы;
- знает очертания основных созвездий Северного полушария (Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Орион, Волопас, Лира, Лебедь, Орёл) и умеет находить их на небе;

- знает и умеет находить на небе самые яркие звёзды, в том числе Полярную звезду, Арктур, Вегу, Капеллу, Сириус, Бетельгейзе;
- понимает смысл понятий: звёздная величина, узел орбиты, сидерический месяц, синодический месяц;
- умеет описывать видимое движение звёзд, Солнца, Луны и планет;
- умеет определять экваториальные и горизонтальные координаты небесных объектов по картам, справочникам, используя электронные планетарии;
- умеет объяснять различия видимого и действительного движений небесных тел;
- знает условия наступления солнечных и лунных затмений, виды солнечных затмений;
- объясняет принципы счёта времени и построения лунных и солнечных календарей, причины различий юлианского и григорианского календарей.

УРОК 2. ЗВЁЗДНОЕ НЕБО. НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ

Задачи урока:

- обосновать целесообразность объединения звёзд в созвездия;
- познакомить учащихся с созвездиями и наиболее яркими звёздами;
- дать определения понятий: созвездие, астеризм, звёздная величина, ось мира, Северный полюс мира, Южный полюс мира, эклиптика, зодиакальные созвездия;
- изучить очертания созвездий Лира, Лебедь, Орёл, Большая Медведица и Малая Медведица, Волопас и правила их нахождения на небе;
- научиться оценивать звёздную величину наблюдаемого объекта, сравнивая его со звёздами известной звёздной величины;
- познакомиться с зодиакальными созвездиями.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует понятия: созвездие, астеризм, звёздная величина, ось мира, Северный полюс мира, Южный полюс мира, эклиптика, зодиакальные созвездия;
- понимает смысл понятия «созвездие» и его отличия от понятия «астеризм»;
- знает очертания основных созвездий Северного полушария (Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Орион, Волопас, Лира, Лебедь, Орёл) и умеет находить их на небе;
- знает и умеет находить на небе самые яркие звёзды, в том числе Полярную звезду, Арктур, Вегу, Капеллу, Сириус, Бетельгейзе;
- зная значение звёздных величин наиболее ярких звёзд неба, умеет примерно определять звёздную величину объектов на глаз;
- понимает, от чего зависит звёздная величина;
- умеет описывать видимое движение звёзд;
- умеет вычислять различия в яркости объектов разных звёздных величин.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; формирование и развитие ИКТ-компетенций.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 3), задачник (задача 3 на с. 16, № 2.1, 2.2, 2.7, 2.8), тетрадь-практикум (с. 6).

Демонстрационное оборудование: модель небесной сферы, звёздный глобус, демонстрационная карта звёздного неба; глобус Земли; ПК и мультимедиа-проектор (или интерактивная доска), документ-камера, переносной купольный мультимедиацентр, электронный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 3, ответить на вопросы; выучить определения небесной сферы, звёздной величины, большого и малого кругов небесной сферы (записаны в тетради); задачник: № 2.2, 2.5, 2.6.

Рекомендации методиста

В идеале данный урок лучше всего проводить под открытым небом в вечернее время. Хорошего эффекта можно достичь, если провести урок в планетарии либо в мини-планетарии организовать демонстрации, например, описанные в [3].

В начале урока даём задание учащимся перечислить астрономические объекты с указанием их характерных признаков (типов). Затем предлагаем им ответить на вопрос для обсуждения из учебника: «Чем отличаются исследования в области астрономии от исследований в области физики и биологии?» Ответ на этот вопрос позволяет плавно перейти к изучению нового материала. Начинаем с обсуждения результатов самостоятельных наблюдений: что смогли увидеть учащиеся, какие выводы сделали.

Ожидаемые ответы:

— наблюдали созвездие Большая Медведица (возможно, интересующиеся астрономией ученики назовут больше созвездий);

— заметили, что звёзды различаются по яркости.

Возможно, кто-то из учеников смог наблюдать планеты и идентифицировать их. Но для изучения материала урока следует акцентировать внимание именно на двух приведённых выше ответах.

Предлагаем учащимся ответить на вопрос: «Что такое созвездия и зачем люди объединили звёзды в созвездия?»

Следует конкретизировать понятие **созвездие**, познакомить учащихся с понятием **астеризм** и разъяснить разницу между ними.

С древних времён люди объединяли яркие звёзды в группы, которым давали имена героев мифов. Эти группы стали называть созвездиями. Названия созвездий были различными в разных культурах. В 1922 г. Международный астрономический союз (МАС) определил **созвездия** как *участки, на которые разделена небесная сфера для удобства ориентирования на звёздном небе*.

Таким образом были определены 88 официально различимых созвездий, а в 1928 г. МАС установил точные границы каждого из них. *Характерная, легко различимая на ночном небе группа звёзд, которая имеет исторически сложившееся устойчивое имя, носит название **астеризм***. Иными словами, согласно современной терминологии *созвездие* — это участок неба с точно определёнными границами, тогда как группа звёзд с характерными очертаниями и исторически сложившимися именами — это астеризм. До середины XVII века термин «астеризм» использовался как синоним термина «созвездие».

К астеризмам также относятся группы звёзд, объединённые в легко узнаваемые фигуры и помогающие ориентироваться на звёздном небе: летний треугольник, квадрат Пегаса и т. п.

Научного и строго определённого понятия «астеризм» нет, поэтому допустимо употребление термина «созвездие» по отношению к характерной группе звёзд, входящих в одно созвездие, например Орион, Северная Корона, Южный Крест и т. п. В дальнейшем такие характерные группы звёзд мы будем называть созвездиями. Тем не менее следует чётко разъяснить учащимся тонкости в употреблении терминов «созвездие» и «астеризм».

Если в кабинете имеется глобус звёздного неба, целесообразно сопроводить объяснение демонстрацией 1 (глава 2.1), которая описана в [3]. Обратите внимание учащихся на то, что изображения очертаний созвездий на карте и глобусе различаются, и предложите объяснить причину этого.

Далее обсуждаем, что мы увидим, если будем наблюдать за звёздным небом в течение довольно продолжительного времени — час, два и более. Здесь весьма полезна демонстрация звёздного неба. Можно использовать виртуальный планетарий *Stellarium*. Включаем программу, ускоряем ход времени нажатием клавиши *L* (обратите внимание: должна быть включена английская раскладка клавиатуры; повторные нажатия клавиши *L* ещё ускоряют ход времени; оптимальная скорость — два-три нажатия). После захода Солнца появляются первые звёзды, число которых по мере потемнения увеличивается. Переводим ход времени в естественный темп клавишей *K*. Итак, на экране мы видим картину вечернего неба, соответствующую дате проведения занятия. Желательно наблюдать за северной частью неба, перемещаться вдоль горизонта можно, перетаскивая его с помощью мышки.

Вновь ускорим вращение купола неба двойным нажатием клавиши *L*. Замечаем, что каждая звезда движется по своей траектории, но создаётся впечатление, что всё небо с находящимися на нём звёздами медленно вращается вокруг некоторой точки — довольно яркой звезды, которая находится над точкой севера. Это Полярная звезда, рядом с которой находится *Северный полюс мира*.

В случае если нет возможности использовать *Stellarium*, следует показать ученикам анимацию вращения небесного свода или соответствующие фотографии, которые можно найти, в частности, на сайте Стеллария.

На этом этапе целесообразно ввести понятие *небесная сфера*. В учебнике о небесной сфере говорится в рубрике «Это интересно» (с. 18). Но для более глубокого понимания наблюдаемых явлений требуется чёткое определение как самой сферы, так и её основных элементов. Эти определения даны в тетради-практикуме (практическая работа 2, с. 6).

Для изучения основных точек и кругов небесной сферы следует использовать модель небесной сферы или глобус звёздного неба. При наличии мини-планетария проведите демонстрации, описанные в [3].

Давая определение небесной сферы, акцентируем внимание на следующих моментах:

1. Центр небесной сферы находится в месте наблюдения (иногда говорят — совпадает с глазом наблюдателя).

2. Радиус небесной сферы выбирается произвольно. Смотря на звёздное небо, мы не можем определить, какая звезда находится дальше от Земли, какая ближе. Это объясняется особенностями восприятия удалённых объектов. Используя понятие небесной сферы, удобно изучать взаимное расположение светил и определять угловые расстояния между ними, величина радиуса не влияет на эти измерения.

3. Для определения основных элементов небесной сферы используют понятия большого и малого кругов. *Круг, получаемый при сечении сферы плоскостью, проходящей через её центр, называется большим кругом. Если секущая плоскость не проходит через центр сферы, получаемый круг называют малым.*

4. Небесная сфера вращается вокруг воображаемой оси, называемой **осью мира**. Так как вращение небесной сферы — это видимое движение, обусловленное вращением Земли вокруг оси, ось мира параллельна оси вращения Земли.

Вновь возвращаемся к результатам наблюдений. Легко заметить, что звёзды различаются по яркости. Греческий астроном Гиппарх (II в. до н. э.) классифицировал около 850 космических объектов, разделив их по звёздным величинам: самые яркие отнесены к 1-й звёздной величине (1^m), самые слабые, различимые на тёмном небе — к 6-й звёздной величине (6^m). Эта классификация получила название «шкала звёздных величин», астрономы используют её по сей день.

Дадим определение: **видимая звёздная величина** — это безразмерная физическая величина, которая характеризует освещённость, создаваемую небесным объектом в месте наблюдения. Чем больше создаваемая объектом освещённость, тем меньше звёздная величина. Субъективно значение звёздной величины воспринимается как блеск (для точечных источников) или яркость (для протяжённых). При этом блеск одного источника указывают путём его сравнения с блеском другого, принятого за эталон. Обращаем внимание учеников на принятую в астрономии запись значения звёздных величин: 1^m , -1^m , $0,8^m$. Подчёркиваем: *чем ярче объект выглядит с Земли, тем меньше его звёздная величина*. Понятие **освещённость** вводится позднее, поэтому на этом этапе целесообразно употреблять термин **яркость**, тем более что в задачнике к учебнику используется именно этот термин.

Примечание: так как в учебнике нет чётко выделенных определений понятий «созвездие», «астеризм», «звёздная величина», следует записать их в тетради.

По таблице на с. 16 учебника определяем, что самая яркая звезда, наблюдаемая в Северном полушарии Земли, — Сириус. Зная звёздные величины некоторых звёзд, можно определить приблизительно, на глаз звёздную величину других объектов. Лучше всего потренироваться в этом, наблюдая реальное звёздное небо. Такое задание можно дать учащимся для самостоятельного выполнения.

Для более глубокого понимания физического смысла видимой звёздной величины необходимо обратиться к задачам (задачник, с. 7, № 2.1).

Задача 2.1. Известно, что звезда 2^m светит в $10^{0,4} = 2,512$ раза слабее звезды 1^m , звезда 3^m — в 2,512 раза слабее звезды 2^m и т. д. Во сколько раз самые тусклые звёзды, заметные глазом (6^m), светят слабее звёзд 1^m ?

Анализируем условие задачи: звезда светит слабее, следовательно, мы видим её менее яркой. Разнице в 1 звёздную величину соответствует отношение яркостей звёзд, равное $10^{0,4} = 10^{\frac{2}{5}} = \sqrt[5]{100} \approx 2,512...$

Составим таблицу (она пригодится в дальнейшем для решения задач и ответов на вопросы).

Таблица 1

Разница звёздных величин	Отношение яркости (освещённости)
1	2,512
2	$2,512^2 = 6,31$
3	$2,512^3 = 15,85$
4	$2,512^4 = 39,82$
5	$2,512^5 = 100$

Подмечаем закономерность: различию в m звёздных величин соответствует отношение яркости (или освещённости), равное $(2,512)^m$.

Разница между звёздами 1^m и 6^m составляет 5 звёздных величин. Следовательно, самые тусклые звёзды, заметные глазом (6^m), светят слабее звёзд 1^m в 100 раз.

На этом этапе полезно сообщить учащимся исторические сведения о становлении современной шкалы звёздных величин. Измерения, проведённые в середине XIX в., показали, что разности в 5 звёздных величин по шкале Гиппарха соответствует отношение яркости (или освещённости) примерно в 100 раз. Эта закономерность легла в основу современной шкалы звёздных величин, предложенной в 1854 г. Норманом Погсоном (Оксфорд).

Организуем закрепление материала, разбирая решение задачи 3 (с. 16) из задачника.

Примечание: на этом уроке учащимся не сообщается формула Погсона, поэтому решение задач на определение суммарной видимой звёздной величины опирается только на установленную закономерность.

В заключение урока обобщаем изученный материал, решая качественные задачи задачника — № 2.7, 2.10.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. Рекомендуем использовать виртуальный планетарий *Stellarium* для демонстрации движений светил на небе. При наличии в школе мультимедиацентра следует предварительно организовать демонстрации звёздного неба под куполом. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи и объясняют ход решения, анализируют полученные результаты.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задачи, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решение задач
Актуализация знаний (медиаобъекты)	Обобщение результатов самостоятельных наблюдений	Задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация, тетрадь-практикум)	Обсуждение результатов наблюдений, беседа	Выполняет демонстрацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Разбор решения задач (задачник)	Объяснение решения задачи	Анализирует условие, записывает данные, объясняет решение задачи, обсуждает с учениками основные пункты решения	Участвует в анализе условия задачи, записывает решение задачи в тетради, выделяет основные этапы решения
Решение задач (задачник)	Решение задачи в соответствии с примером	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 3. НЕБЕСНАЯ СФЕРА. СИСТЕМЫ НЕБЕСНЫХ КООРДИНАТ

Задачи урока:

- продолжить формирование понятия «небесная сфера»;
- изучить основные точки и круги небесной сферы;
- познакомить с экваториальной и горизонтальной системами координат;
- овладеть умением строить графические модели небесной сферы;
- научить определять высоту светила в верхней и нижней кульминациях.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает определения небесной сферы, её основных точек и кругов, горизонтальных и экваториальных координат, верхней и нижней кульминаций;
- умеет определять экваториальные и горизонтальные координаты небесных объектов по картам, справочникам, используя электронные планетарии;
- умеет строить графические модели небесной сферы;
- доказывает теорему о высоте полюса мира над горизонтом;
- объясняет, зачем нужны различные системы координат в астрономии;
- умеет вычислять высоту светила в верхней и нижней кульминациях.

Достижаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний, формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, умениями проводить наблюдения, оценивать полученные результаты, различать действительное и видимое; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 4), тетрадь-практикум (практическая работа 2, с. 6–9).

Демонстрационное оборудование: модель небесной сферы, звёздный глобус, глобус Земли, заострённая спица, плотная бумага; ПК и мультимедиа-проектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 4, ответить на вопросы; выучить определения основных элементов небесной сферы (тетрадь-практикум, с. 6–7); задачник: № 2.4, 2.18.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с проверки решения задач, заданных на дом. Затем предлагаем учащимся ответить на вопросы:

- Для решения каких практических задач потребовалось ввести модель небесной сферы?

— Как можно ориентироваться ночью по звёздам?

Таким образом, повторяем определение небесной сферы, оси мира, полюсов мира, вспоминаем, что Северный полюс мира находится рядом с Полярной звездой.

Продолжить беседу можно обсуждением того, что понятие *небесной сферы* было введено в глубокой древности, но используется и сегодня. Но если древние астрономы считали, что небесная сфера обращается вокруг Земли, то сейчас мы знаем, что видимое суточное вращение небесной сферы является следствием вращения Земли вокруг своей оси.

Для дальнейшей работы с новым материалом потребуется определить основные элементы небесной сферы: небесный экватор, небесный меридиан, отвесная линия, зенит, надир, математический горизонт. Определения этих понятий есть в тетради-практикуме (с. 6—7). Основные линии и плоскости следует показать на модели небесной сферы. Ниже приводится рекомендуемая последовательность введения этих понятий.

Обращаемся к глобусу Земли и сравниваем его с глобусом звёздного неба. Оба тела имеют сферическую форму и ось вращения. На Земле плоскость, перпендикулярную оси вращения, называют *плоскостью экватора*. Аналогично определяется экватор и на небесной сфере.

Для более наглядного представления связи между элементами небесной сферы и Земли целесообразно использовать поясняющую модель, предложенную Е. П. Левитаном [5]. Выберем на глобусе Земли точку наблюдения и установим заострённую спицу радиально (чтобы её продолжение проходило через центр Земли). Согласно определению *отвесная линия* — это прямая линия, которая совпадает в данной точке с направлением действия силы тяжести. Привлекаем знания курса физики: для определения положения отвесной линии можно использовать грузик на нити (отвес). В нашей модели спица определяет положение отвесной линии для наблюдателя, находящегося в данной точке земной поверхности. Воспользуемся небольшим картонным кругом: наденем его на спицу так, чтобы центр круга касался глобуса в выбранной точке наблюдения, а плоскость круга располагалась перпендикулярно спице — отвесной линии. Мы получаем модель математического горизонта. Даём определение этого понятия и показываем положение математического горизонта на модели небесной сферы. Задаём вопрос: как на этой модели показать положение оси мира? Ученики вспоминают, что видимое суточное вращение небесной сферы происходит вокруг оси мира и является следствием вращения Земли вокруг оси. Следовательно, ось мира должна быть параллельна оси вращения Земли. Теперь мы можем изобразить ось мира на нашей модели: устанавливаем вторую спицу (или карандаш) остриём в точку наблюдения параллельно оси вращения Земли. Данная модель наглядно показывает зависимость вида небесной сферы от точки наблюдения.

Вновь обращаемся к модели небесной сферы и определяем положение точек *зенита* и *надир* — это точки пересечения отвесной линии с небесной сферой.

Предлагаем учащимся ответить на вопрос: «Как определяется положение какого-либо пункта на Земле?» Вспоминаем, какие географические координаты используются для этого. Аналогично и на небесной сфере положение светила однозначно задаётся двумя координатами. В астрономии используют несколько координатных систем. Мы познакомимся с двумя из них: *экваториальной* и *горизонтальной*.

Для лучшего понимания экваториальной системы координат целесообразно использовать аналогию с географическими координатами, но при этом отметить и различия между ними: географические координаты задаются на реальной земной сферической поверхности, тогда как небесные координаты — на воображаемой небесной сфере. Важно обратить внимание учеников на тот факт, что как географические широта и долгота, так и прямое восхождение и склонение определяются дугами на сфере либо центральными углами в соответствующих плоскостях. В астрономии принято небесные координаты измерять центральными углами, указывая тем самым взаимное расположение светил на небесной сфере. Ещё одно отличие экваториальных координат от географических — склонение светила положительно для объектов, находящихся в Северном полушарии, и отрицательно для объектов Южного полушария; тогда как при измерении географической широты мы указываем полушарие (например, 30° северной широты или 30° южной широты). При решении астрономических задач следует северной широте приписывать знак «+», южной — знак «-».

Ту же аналогию используем и при определении горизонтальных координат. Основной плоскостью в этой системе является плоскость математического горизонта, координаты высота (аналогична широте) и азимут (аналогична долготе). Акцентируем внимание учащихся, что связующим звеном этих двух координатных систем является **небесный меридиан**.

Обращаем внимание учащихся на то, что **точки востока, запада, юга и севера** — это точки пересечения математического горизонта соответственно с небесным экватором и небесным меридианом, т. е. эти точки расположены на математическом горизонте. Довольно распространённой ошибкой является то, что точкой севера называют Северный полюс мира.

Предлагаем учащимся определить склонение δ_p и высоту h_p Северного полюса мира. Очевидно, что $\delta_p = +90^\circ$, а высота h_p зависит от места наблюдения. Формулируем теорему о высоте видимого полюса мира над горизонтом (тетрадь-практикум, с. 7) и предлагаем ученикам самостоятельно дома доказать эту теорему.

Используя модель небесной сферы, проследим видимое суточное движение выбранного светила. Обращаем внимание на то, что в течение суток светило дважды пересекает небесный меридиан. Формулируем определения **верхней и нижней кульминации** светил.

Упрощённый показ элементов небесной сферы можно провести непосредственно в классе, используя потолок и стены классной комнаты, фонарик. Перед началом демонстрации определим, где будут находиться изображения точек севера, юга, востока и запада. Удобно точку юга расположить у доски. Пол классной комнаты — плоскость математического горизонта. Положение светил, точек и линий небесной сферы демонстрируем с помощью фонарика. Обычно ученики увлекаются подобной демонстрацией и с большим удовольствием «рисуют» точки и линии небесной сферы фонариком.

Для лучшего понимания и закрепления изученного материала учащиеся выполняют практическую работу 2 «Построение графических моделей небесной сферы» из тетради-практикума (с. 6—9). Подробно ход работы приведён в методических рекомендациях [4].

Так как данный урок весьма насыщен новым для учеников материалом, на уроке можно провести подготовку к лабораторной работе, а выполнение заданий оставить для домашней работы.

Завершаем урок подведением итогов: в случае выполнения лабораторной работы обсуждаем ответы на вопросы; ученики демонстрируют построенные графические модели. Если лабораторная работа задана на дом, повторяем определения изученных понятий, сопровождая их демонстрацией на модели небесной сферы.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. При объяснении и закреплении изученного материала целесообразно использовать интерактивные модели небесной сферы.

При наличии в школе мультимедиацентра объяснение материала можно провести в мини-планетарии, методика организации и проведения демонстраций описана в пособии [3].

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, проверка решения задач	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, воспроизводит решение задач, заданных на дом
Актуализация знаний (учебник, задачник)	Повторение материала из географии (географические координаты) и геометрии (градусная и часовая меры угла)	Задаёт вопросы, корректирует ответы; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, отвечает на вопросы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, тетрадь-практикум, медиаобъекты)	Рассказ о небесной сфере и её основных элементах, системах координат в астрономии	Выполняет демонстрацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 4. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ И СОЛНЦА

Задачи урока:

- познакомить с видимым движением планет;
- научить описывать движение Солнца среди звёзд и установить его неравномерность;

- исследовать причины смены сезонов на Земле.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает видимые движения планет и Солнца;
- умеет объяснять различия видимого и действительного движений небесных тел;
- знает причину смены сезонов.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: овладение умениями проводить наблюдения, оценивать полученные результаты, различать действительное и видимое; формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых видимых движений небесных тел; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 5).

Демонстрационное оборудование: модель небесной сферы, глобус Земли, теллурий; ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера.

Домашнее задание

Учебник: § 5, ответить на вопросы; задачник: № 2.27.

Рекомендации методиста

Если на прошлом уроке учащиеся успели выполнить лабораторную работу, проверку усвоения материала можно провести, предложив тест (материалы для теста или готовые тесты можно взять с сайта Стеллария) либо «слепую» графическую модель небесной сферы, на которой следует отметить все точки и линии (рис. 4).

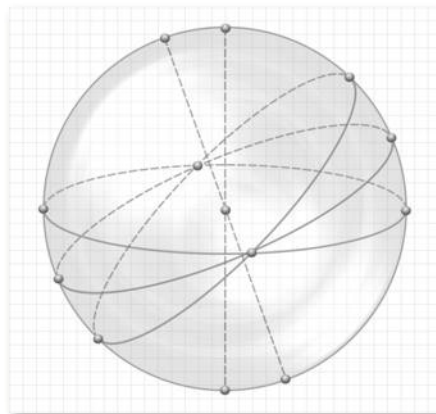


Рис. 4. «Слепая» модель небесной сферы

Предлагаем учащимся вспомнить (или обсудить, если на прошлом уроке этот вопрос не поднимался), какие координаты — горизонтальные или экваториальные — используются для построения карт звёздного неба. Затем решаем задачу 3 на с. 22 учебника: ученики по фрагменту карты определяют экваториальные координаты звезды Регул (α Льва).

Обсуждение нового материала начинаем с вопроса: «Можно ли на звёздном небе отличить планету от звезды? Как это можно сделать?»

Описываем видимое движение планет на фоне звёзд, знакомим учащихся с прямым и попятным движением. Для демонстрации можно использовать анимации или электронный планетарий. Поясняем, что объяснение такому движению планет будет дано позднее, во время изучения темы «Системы мира» (урок 7).

Переходим к обсуждению движения Солнца.

Обращаемся к модели небесной сферы и вспоминаем определение эклиптики как годичного пути Солнца среди звёзд. Для усвоения смысла понятия «эклиптика» полезно воспользоваться анимацией, которую можно скопировать или показывать в онлайн-режиме: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecliptic_with_earth_and_sun_animation.gif

Анимация демонстрирует движение Земли вокруг Солнца, следствием которого является видимое движение Солнца среди звёзд по эклиптике. Затем используем рисунок 5. На этом рисунке в центре небесной сферы находится Солнце. Задаём вопрос ученикам: «Можно ли поместить в центре небесной сферы Солнце?» Если ученики затрудняются ответить на этот вопрос, просим их вспомнить, на каком расстоянии от Земли находится ближайшая звезда Проксима Центавра. Делаем вывод, что, так как расстояние до ближайшей звезды намного превосходит расстояние от Земли до Солнца, радиус небесной сферы очень велик, и в центре её мы можем поместить Солнце. Из рисунка видно, что эклиптика представляет собой большой круг небесной сферы, являющийся пересечением плоскости земной орбиты с небесной сферой. Позже мы узнаем, что только тогда, когда Луна (будучи в фазе новолуния или полнолуния) пересекает эклиптику, мы можем наблюдать затмения (*eclipse*) Солнца или Луны. Отсюда и название «эклиптика» (*ecliptic*).



Рис. 5. Эклиптика

Если в распоряжении учителя имеется теллурий, следует продемонстрировать действительное обращение Земли вокруг Солнца. В противном случае можно продемонстрировать обращение Земли, используя глобус. Обратите внимание: направление оси вращения Земли должно оставаться постоянным. Ось вращения Земли наклонена к плоскости её орбиты под углом $66,5^\circ$, поэтому угол между плоскостью земного экватора и плоскостью орбиты составляет $23,5^\circ$. Следовательно, эклиптика наклонена к небесному экватору под тем же углом.

Используя рисунок, объясняем, что видимое движение Солнца по эклиптике на фоне звёзд является следствием орбитального движения Земли и направлено противоположно суточному движению звёзд. Даём определение точек весеннего (Υ) и осеннего равноденствия (Ω) — это точки пересечения эклиптики и небесного экватора.

Предлагаем учащимся вспомнить определение экваториальных координат (нам потребуется склонение) и ответить на вопрос: «Изменяется ли склонение Солнца в течение года?» С помощью модели небесной сферы удобно показать, как меняется склонение Солнца: в точках весеннего и осеннего равноденствия склонение Солнца $\delta_\odot = 0^\circ$ и оно восходит точно на востоке и заходит точно на западе, продолжительности дня и ночи равны.

Вспоминаем, что в точке весеннего равноденствия Солнце бывает 20—21 марта, а в точке осеннего равноденствия — около 23 сентября.

Наиболее удалённая от небесного экватора точка эклиптики называется точкой **летнего солнцестояния**, в этой точке склонение Солнца достигает своего максимального значения: $\delta_\odot = +23,5^\circ$. Солнце бывает в этой точке 21—22 июня. Полгода спустя, 21—22 декабря, Солнце проходит через точку **зимнего солнцестояния**, в которой склонение Солнца достигает наименьшего значения:

$$\delta_\odot = -23,5^\circ.$$

Используя рисунок на с. 23 учебника, повторяем, через какие созвездия пролегает видимый путь Солнца в течение года.

Сообщаем учащимся данные наблюдений: неравномерность движения Солнца в течение года (рубрика «Это интересно», с. 23 учебника); различия видимого углового диаметра Солнца: в начале января он максимален (около $32,5'$), в начале июля — минимален (около $31,5'$).

Делаем вывод: зимой Солнце находится ближе к Земле, чем летом. Объяснение неравномерности движения Солнца в течение года будет дано позднее, при изучении законов Кеплера. Сейчас же самое время обсудить причину смены сезонов, так как весьма распространённым является заблуждение, что зимой Солнце находится дальше от Земли, а летом — ближе. Итак, наблюдательные данные свидетельствуют, что в январе Земля находится в ближайшей к Солнцу точке своей орбиты. В это время в Северном полушарии Земли зима. От чего зависит климат на Земле и смена сезонов?

Напоминаем, что **климат** — это метеорологические условия, свойственные данной местности. В переводе с древнегреческого **климат** означает «наклон», имеется в виду наклон солнечных лучей к поверхности Земли. Чем выше Солнце над горизонтом, тем сильнее его лучи согревают поверхность.

Вспоминаем формулу для определения высоты светила в кульминации (тетрадь-практикум, с. 7). Такую же формулу запишем и для Солнца:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta_\odot, \quad (1)$$

где φ — географическая широта места наблюдения, $\delta_\odot$ — склонение Солнца. Высота Солнца в кульминации называется **полуденной высотой**. Так как в течение года склонение Солнца меняется, следовательно, меняется его полуденная высота, а также точки восхода и захода. Таким образом, полуденная высота Солнца зависит от склонения Солнца (а оно определяется датой) и от широты места наблюдения.

Предлагаем учащимся ответить на вопрос: «Есть ли на Земле места, где Солнце может не восходить, не заходить?» Используя формулу полуденной высоты Солнца, находим, что в местах с широтами $|\varphi| > 66,5^\circ$ можно наблюдать явление, когда Солнце в течение дня не заходит за горизонт (полярный день) или не поднимается из-за горизонта (полярная ночь). Параллели, соответствующие $66,5^\circ$ северной и южной широт, называются **Северным и Южным полярными кругами** (рис. 6).

По формуле (1) определяем широты Северного (**тропик Рака**, $\varphi = 23,5^\circ$) и Южного (**тропик Козерога**, $\varphi = -23,5^\circ$) тропиков (рис. 6). Названия тропиков произошли от названий созвездий, в которых Солнце наблюдалось в дни солнцестояний более чем 2000 лет назад. В настоящее время в результате **прецессии** положения этих точек сместились, и в день летнего солнцестояния Солнце на небесной сфере находится в созвездии Близнецы, а в день зимнего солнцестояния — в созвездии Стрелец. Явление прецессии будет подробнее рассмотрено позднее.

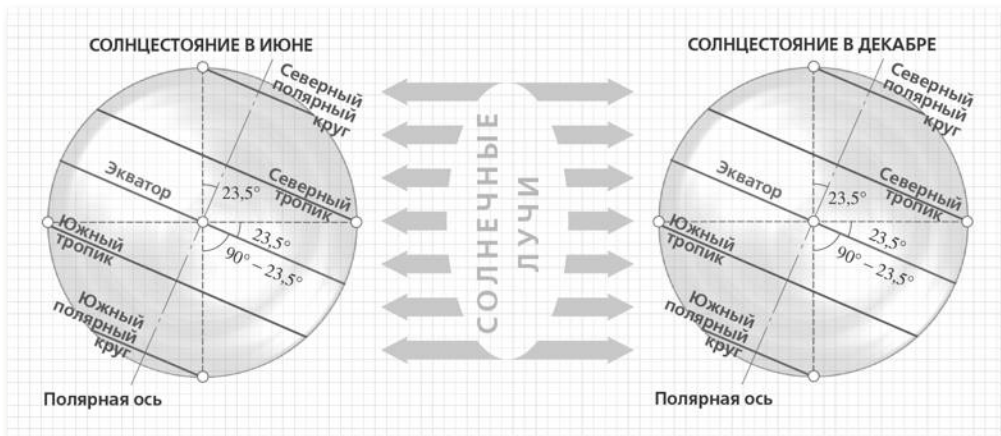


Рис. 6. Пояса Земли

Определим, где на Земле Солнце может быть в зените (полезно вспомнить определение зенита). Используя формулу (1), устанавливаем, что на широтах, для которых $|\varphi| < 23,5^\circ$, дважды в год Солнце кульминирует вблизи зенита.

При наличии в школе теллурия рекомендуем провести демонстрацию 2 (глава 2.1), методика которой описана в [3].

Подводим итоги: обращение Земли вокруг Солнца, наклон оси вращения Земли к плоскости её орбиты и её постоянная ориентация в пространстве приводят к смене времён года.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, материалы для которой можно взять с сайта Стеллария. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи и объясняют ход решения, анализируют полученные результаты.

При наличии в школе мультимедиацентра объяснение материала можно провести в мини-планетарии, методика организации и проведения демонстраций описана в пособии [3].

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, медиа-объекты, тетрадь-практикум)	Ответы на вопросы	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Рассказ о видимом движении планет на фоне звёзд, видимом годовом движении Солнца	Выполняет демонстрацию, формулирует определения, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, отвечает на вопросы, записывает определения и выводы в тетради
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 5. СУТОЧНОЕ ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА

Задачи урока:

- исследовать суточное видимое движение Солнца;
- установить, от чего зависит продолжительность дня;
- по фотографии суточного движения Солнца определить широту места, где производилась съёмка.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает суточное движение Солнца;
- знает причину смены дня и ночи;
- умеет вычислять широту места наблюдения, зная склонение Солнца и его высоту в кульминации.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результатов.

Предметные: овладение умениями проводить наблюдения, оценивать полученные результаты, различать действительное и видимое, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности видимого движения Солнца; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 5), тетрадь-практикум (практическая работа 3, с. 10—12).

Демонстрационное оборудование: модель небесной сферы, глобус Земли, теллурий, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска); переносной купольный мультимедиацентр.

Домашнее задание

Учебник: выполнить задания рубрики «Мои астрономические исследования», с. 25; исследовать видимое движение с помощью компьютерного урока «Земля и Солнце» — <http://astronomy-lesson.datalaboratory.ru>

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения причин смены времён года на Земле. Предлагаем учащимся ответить на вопросы:

- Как изменение полуденной высоты Солнца влияет на температуру в данной местности?
- От чего зависит полуденная высота Солнца?
- В каких пределах меняется склонение Солнца в течение года?

По возможности на уроке следует провести демонстрацию видимого движения Солнца (демонстрация 9, глава 2.2 пособия [3]).

Электронный планетарий *Stellarium* можно использовать не только в мини-планетарии, но и в классе, на экране или интерактивной доске для демон-

страции суточного движения Солнца. Устанавливаем время на момент восхода Солнца и ускоряем ход времени клавишей *L*. Мы видим, что Солнце движется по дуге и примерно в полдень достигает максимальной высоты над горизонтом над точкой юга, затем начинает снижаться. Включим линию эклиптики клавишей «*,*» («запятая»). Вновь убыстрим ход времени (клавиша *L*) — мы видим, что Солнце движется точно по линии эклиптики, около которой мы видим надпись «эклиптика на дату». Что это означает? Если учащиеся затрудняются ответить на этот вопрос, обратимся к модели небесной сферы и продемонстрируем суточное движение Солнца в разные даты. *Stellarium* демонстрирует суточное движение в конкретную дату, положение эклиптики зависит от даты (рис. 7).

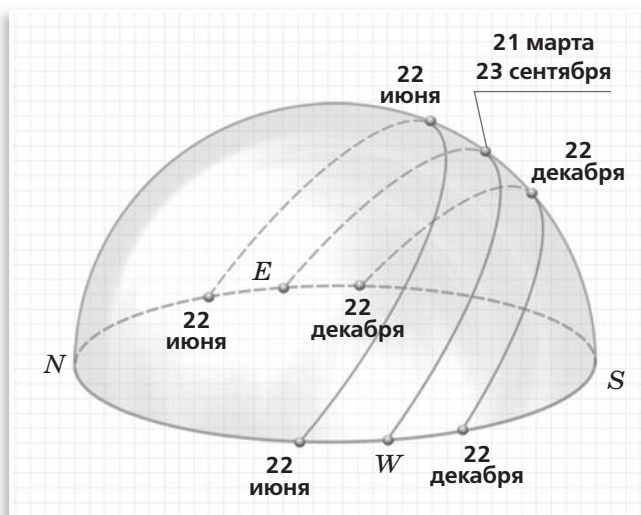


Рис. 7. Видимый путь Солнца на небе в разные времена года

Так как электронный планетарий *Stellarium* позволяет менять дату, демонстрируем суточные пути Солнца в дни равноденствия, солнцестояния, в день проведения урока. Предлагаем учащимся сделать вывод: «От чего зависит суточный путь Солнца на данной широте?»

Если нет возможности использовать электронный планетарий *Stellarium*, суточные пути Солнца в дни равноденствия и солнцестояния можно показать фонариком на стенах и потолке классной комнаты.

Переходим к выполнению практической работы 3 (тетрадь-практикум, с. 10—12). Описание работы довольно подробное, поэтому учащиеся смогут самостоятельно выполнить все задания.

Далее следует обсудить полученный результат, а также ответы на вопросы для закрепления материала. Полезно также обсудить следующие вопросы:

1. Как изменяется продолжительность дня в течение года? Как это связано с полуденной высотой Солнца и изменением точек восхода и захода Солнца?
2. Где на Земле можно увидеть Солнце в зените?
3. Где летом сумерки продолжительнее: в Санкт-Петербурге или в Сочи?

4. Что такое белые ночи; полярный день?

Отметим, что электронный планетарий *Stellarium* позволяет продемонстрировать суточные пути Солнца на разных широтах. Установим дату вблизи дня летнего солнцестояния (21—22 июня). Меняем местоположение на Санкт-Петербург, широта около 60° , долгота около 30° . Нажимаем *F6*, мышкой щёлкаем примерно по тому месту, где находится данный город, либо вводим данные вручную. Выход — клавиша *Esc*. Запускаем ускоренное движение, просим учащихся понаблюдать за движением Солнца, в том числе после заката.

Stellarium хорошо имитирует также и сумерки. Поэтому после захода Солнца всю короткую ночь видно светлое небо. Данное явление известно как **белые ночи**. Следует обратить внимание на то, что Солнце здесь всё же заходит, в отличие от полярного дня, который наблюдается лишь за полярным кругом (широта более $66,5^\circ$). При наличии времени можно продемонстрировать движение Солнца на Северном полюсе.

Интересна демонстрация суточного движения Солнца для экватора. Как и звёзды, Солнце на экваторе восходит и заходит вертикально, поэтому сумерки очень короткие.

Чтобы хотя бы раз в году увидеть Солнце в зените, нужно переместиться хотя бы до широты $23,5^\circ$, которую называют тропиком Рака. На аналогичной широте Южного полушария проходит тропик Козерога. В этой полосе, посреди которой проходит экватор, Солнце бывает в зените по крайней мере 1 раз в год (мы установили этот факт на предыдущем уроке). При объяснении этой части можно обратиться к опыту поездок в южные страны или, наоборот, за полярный круг. Например, дети могут рассказать, что нельзя загорать в период, когда Солнце вблизи зенита: интенсивность ультрафиолета очень высока, и плечи мгновенно обгорают. В тех южных странах, где в тёмное время на улице находится небезопасно (например, в Венесуэле), туристам рекомендуется ещё до заката позаботиться о том, чтобы вернуться в отель, потому что темнеет очень быстро — в течение 5—10 минут.

Примечание: как показывает опыт автора в преподавании астрономии, зависимость видимого движения Солнца от широты места наблюдения вызывает повышенный интерес школьников. Так, настоящим открытием для них является то, что в экваториальной зоне одну половину года Солнце движется по южной стороне неба, а другую половину — по северной. Поэтому весьма полезно предложить учащимся провести коллективное исследование — мини-проект. Для этого следует разбить класс на группы и каждой группе предложить выбрать широту места наблюдения и описать движение Солнца в разные, но одни и те же для каждой группы даты. Подробнее методика такой работы описана в [3, Приложение 7].

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, материалы для которой можно взять с сайта Стеллария.

При наличии в школе мультимедиацентра объяснение материала можно провести в мини-планетарии, методика организации и проведения демонстраций описана в пособии [3].

Демонстрацию суточного движения Солнца в различные дни на различных широтах позволяет провести электронный планетарий *Stellarium*, методика организации демонстрации описана выше.

Видимое движение Солнца очень хорошо освещено в интерактивном экспериментальном компьютерном уроке «Земля и Солнце» — <http://astronomy-lesson.datalaboratory.ru>. Материал может использовать учитель для демонстрации на экране. Также учащиеся могут пройти урок в компьютерном классе или дома в пошаговом режиме.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (мультимедийная презентация)	Ответы на вопросы	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения
Изучение нового материала (мультимедийная презентация, электронный планетарий <i>Stellarium</i>)	Рассказ о видимом суточном движении Солнца	Выполняет демонстрацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (тетрадь-практикум)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 6. ДВИЖЕНИЕ ЛУНЫ И ЗАТМЕНИЯ

Задачи урока:

- познакомить с видимым движением Луны и изменением её вида (фазами);
- дать объяснение изменению вида Луны;
- установить причины и условия возникновения солнечных и лунных затмений.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- понимает смысл понятий: узел орбиты, сидерический месяц, синодический месяц;
- описывает видимое движение Луны и её фазы;
- объясняет причины изменения вида Луны;
- знает условия наступления солнечных и лунных затмений;

- описывает виды солнечных затмений и объясняет, как они возникают;
- умеет предсказывать наступление солнечных и лунных затмений.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении знаний; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию; осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, умениями формулировать гипотезы, проводить наблюдения, оценивать полученные результаты, различать действительное и видимое; формирование представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 6), задачник (№ 2.32, 2.35, 2.40, 2.42).

Дополнительные: компьютерная модель *Lunar Phases Simulator*; *Eclipse Shadow Simulator*; сведения о прошедших и предстоящих затмениях — <https://www.timeanddate.com/eclipse/list.html>

Демонстрационное оборудование: модели Земли и Луны, лампа или фонарик, теллурий; переносной купольный мультимедиацентр, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска); переносной купольный мультимедиацентр, виртуальный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 6, ответить на вопросы; задачник: № 2.33, 2.36, 2.46, 2.48. Подготовить доклады на темы: «Служба времени», «Лунный календарь и его применение в наше время», «История создания и развития солнечных календарей».

Рекомендации методиста

Повторение изученного материала проводим в зависимости от того, что было задано на дом. Если ученики выполняли дома исследование движения Солнца на разных широтах, то урок начинаем с презентаций учащихся: каждая группа рассказывает о том, как движется Солнце в разные дни в месте их «пребывания». В противном случае повторяем определения полуденной высоты Солнца, дней солнцостояния и равноденствия, предлагаем учащимся показать суточные пути Солнца в эти дни фонариком на стенах класса. Решаем задачи № 2.15, 2.31 задачника.

Объяснение нового материала начинаем с обсуждения самостоятельных наблюдений учащихся за Луной (домашнее задание предыдущего урока: выполнить задания рубрики «Мои астрономические исследования», с. 25 учебника). Обсуждаем наблюдения школьников и ответы на вопросы:

- В какое время и где восходит полная Луна?
- В какой части горизонта наблюдается серп молодой Луны?

Для демонстрации движения Луны можно использовать электронный планетарий *Stellarium*. Смену фаз рекомендуем продемонстрировать с помощью интерактивной модели *Lunar Phases Simulator*. Неудобство этой модели — интерфейс на английском языке, но модель очень простая, и работать с ней можно даже без знания английского. Модель можно использовать в режиме анимации, нажав *Start animation*. Скорость движения регулируется движком *Animation rate*. Также можно передвигаться по шагам: дням, часам, минутам. С помощью мыши в этой модели можно перемещать Луну, вращать Землю. Хорошим решением будет задание ученику или группе учеников, изучающих английский язык и имеющих персональные компьютеры, разобраться заранее, как работает эта модель, и провести демонстрацию на уроке.

Если в школе имеется теллурий, объяснение движения Луны и смены фаз рекомендуется сопровождать демонстрацией «Смена фаз Луны» [3]. Вводим понятие **синодический месяц**.

Вновь возвращаемся к обсуждению самостоятельных наблюдений учащихся. Фокусируем их внимание на том, что Луна день ото дня смещается по небесной сфере относительно звёзд с запада на восток (как и Солнце), каждый последующий день её восход происходит позже примерно на 52 минуты. Вводим понятие **сидерический месяц**. Предлагаем учащимся объяснить, почему сидерический месяц короче синодического.

Наверняка учащиеся знают о том, что с Земли можно наблюдать только одно полушарие Луны. Причина этого — равенство периода вращения нашего спутника вокруг оси периоду его обращения вокруг Земли. Данный эффект можно продемонстрировать наглядно: один ученик изображает Землю, другой — Луну. Ученик «Земля» медленно вращается, стоя на месте, ученик «Луна» движется по «орбите» (её можно обозначить на полу класса мелом) и вращается так, чтобы всё время смотреть на ученика «Земля». Завершив оборот вокруг «Земли», «Луна» совершит и полный оборот вокруг оси.

Положение орбиты Луны по отношению к эклиптике показываем на рисунке (с. 24 учебника), вводим понятие **узлы лунной орбиты**. С помощью модели (теллурий, можно также использовать модели Земли и Луны, Солнце изобразить лампой или фонариком) устанавливаем условия наступления затмений.

Акцентируем внимание учащихся на факте: солнечные затмения возможны, так как Солнце и Луна имеют примерно равные угловые размеры. Обсуждаем виды солнечных затмений с демонстрацией их фотографий или видеофрагментов. Поясняем, используя рисунок на с. 26 учебника, что солнечные затмения наблюдаются только в тех местах Земли, где Солнце полностью попадает в лунную тень. Лунные затмения наблюдаются на всей поверхности Земли, где в это время ночь.

В учебнике приводятся интересные учащимся исторические сведения о затмениях, а также даты прошедших и предстоящих затмений. Полезно сообщить учащимся адрес ресурса, где можно найти полную информацию о предстоящих затмениях, — <https://www.timeanddate.com/eclipse/list.html>

Для закрепления изученного материала предлагаем решение задач № 2.32, 2.35, 2.40, 2.42.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией.

При объяснении и закреплении изученного материала целесообразно использовать интерактивную модель, иллюстрирующую смену фаз Луны: *Lunar*

Phases Simulator. Модель заранее можно скачать с сайта — <http://astro.unl.edu/animationsLinks.html> (файл с расширением .swf).

Модель *Eclipse Shadow Simulator* — <http://astro.unl.edu/classaction/animations/lunarcycles/shadowsim.html> — демонстрирует расположение тени и полутени Земли и Луны. Передвигая мышью изображения Земли и Луны, можно симитировать любую фазу солнечного или лунного затмения.

При наличии в школе мультимедиацентра объяснение материала можно провести в мини-планетарии, методика организации и проведения демонстраций описана в пособии [3].

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (мультимедийные презентации, ПК)	Обсуждение результатов самостоятельных исследований суточного движения Солнца на различных широтах, ответы на вопросы	Организует обсуждение, задаёт вопросы, корректирует ответы	Рассказывает о результатах исследований, формулирует выводы, отвечает на вопросы
Актуализация знаний	Обсуждение результатов самостоятельных наблюдений	Организует обсуждение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Рассказывает о результатах наблюдений, принимает участие в обсуждении, отвечает на вопросы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация, медиа-объекты)	Беседа о видимом и истинном движении Луны, солнечных и лунных затмениях	Выполняет демонстрацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Закрепление изученного материала (задачник)	Решение качественных задач	Предлагает ученикам задания, руководит процессом обсуждения ответов	Выполняет задание, отвечает у доски или с места, обсуждает и дополняет ответы одноклассников
Подведение итогов урока (учебник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 7. ВРЕМЯ И КАЛЕНДАРЬ

Задачи урока:

- познакомить со звёздными и солнечными единицами счёта времени в астрономии;
- обосновать целесообразность использования солнечного времени;
- установить связь между продолжительностью истинных солнечных суток и звёздных суток;
- познакомить с уравниванием времени, принципами счёта времени, различными календарями.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает единицы счёта времени: истинное, среднее, мировое и поясное солнечное время, звёздное время;
- умеет объяснять, почему истинные солнечные сутки продолжительнее звёздных суток;
- умеет определять поясное время, зная всемирное время и номер часового пояса;
- объясняет принципы построения лунных и солнечных календарей, причины различий юлианского и григорианского календарей.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении знаний.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание принципов счёта времени и составления календарей.

Ресурсы урока

Основные: учебник (§ 7), задачник.

Демонстрационное оборудование: модель небесной сферы, теллурий, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 7, ответить на вопросы; повторить § 3—6; задачник: № 2.55, 2.56, 2.61, 2.63.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения качественных задач задачника: № 2.33, 2.36, 2.46, 2.48. Для самостоятельного решения предлагаем ученикам задачу № 4 на с. 28 учебника и обсуждаем её решение. Затем вспоминаем, чему равна продолжительность синодического месяца.

Обсуждение нового материала рекомендуем провести в форме беседы. Предлагаем ученикам ответить на вопрос: «Какие процессы следует использовать для счёта времени?» Обратимся к историческому факту: обсудим, как Г. Галилей измерял время в своих экспериментах по изучению движения тел

(по частоте пульса). Приходим к выводу: для измерения времени необходим регулярно повторяющийся равномерный процесс. Самые очевидные периодически повторяющиеся процессы в природе — смена дня и ночи, чередование сезонов года. Следует подчеркнуть, что возникновение единиц счёта времени — сутки, неделя, месяц и год — связано с астрономическими объектами и их движением.

Даём определение *звёздных суток* и *звёздного времени*. Но удобно ли пользоваться такой единицей времени в повседневной жизни? Вводим понятие *солнечного времени*. Полезно упомянуть, что в странах, расположенных вблизи экватора, и в настоящее время за начало суток принимают момент восхода Солнца.

Вспоминаем, что Солнце в течение года движется неравномерно. Этот факт послужил основанием для введения истинного и среднего солнечного времени.

Для объяснения различий в продолжительности истинных солнечных и звёздных суток воспользуемся рисунком на с. 29 учебника. Используя установленную закономерность, обсуждаем, почему меняется вид звёздного неба в течение года, т. е. почему весной мы видим одни созвездия, летом и осенью — другие, и т. д. Так как звёздные сутки короче истинных солнечных суток, то одни и те же звёзды восходят ото дня ко дню всё раньше и раньше и становятся не видны с наступлением темноты.

Для лучшего понимания уравнения времени следует продемонстрировать его графическую и табличную формы, воспользовавшись, например, астрономическим календарём.

Предлагаем учащимся вспомнить, что в курсе географии они познакомились с часовыми поясами Земли и нулевым (Гринвичским) меридианом. Даём определение *всемирного времени*, *поясного* и *местного времени* и устанавливаем связь между этими величинами. Изучение этого материала весьма актуально в настоящее время, так как люди стали больше путешествовать, и при этом важно помнить о местном времени, чтобы не опоздать на поезд или самолёт.

Полезно рассказать учащимся о службе времени (или заслушать доклад), о современном эталоне времени (этот материал обсуждался в курсе физики). Именно точность атомного времени позволяет изучить неравномерность вращения Земли вокруг оси и обнаружить замедление этого вращения.

В данном параграфе вводится довольно много понятий, связанных со счётом времени, что позволяет лучше понять принципы счёта времени и соотношения между различными единицами его счёта. В дальнейшем эти понятия практически не используются, поэтому достаточно изучить их на уровне описания.

Для закрепления материала решаем задачу № 5 на с. 29 учебника, разбираем пример — задачу № 5 на с. 17 задачника, в котором используются принятые в настоящее время обозначения времени.

Заслушиваем доклады учащихся о принципах устройства и об особенностях календарей. Используя материал из рубрики «Это интересно» на с. 31 учебника о путешествии Магеллана, обсуждаем, что такое линия смены дат, как и почему «теряются» либо «образуются» сутки при её пересечении.

Заканчиваем урок подведением итогов изучения главы 2 «Астрометрия» (с. 32 учебника) и обсуждением вопросов.

Применение информационных технологий

При объяснении материала можно использовать интерактивную карту часовых поясов мира — https://www.worldtimezone.com/index_ru.php

Связь между местным и средним солнечным временем показана в интерактивном экспериментальном компьютерном уроке «Земля и Солнце» — <http://astronomy-lesson.datalaboratory.ru>. Материал может использовать учитель для демонстрации на экране. Также учащиеся могут пройти урок в компьютерном классе или дома в пошаговом режиме.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Обсуждение решения качественных задач, ответы на вопросы	Организует обсуждение, задаёт вопросы, корректирует ответы	Воспроизводит решение задач, отвечает на вопросы, обсуждает решения
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа о принципах счёта времени	Ведёт беседу, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради, представляет подготовленный дома доклад
Закрепление изученного материала (задачник)	Решение задач	Руководит решением задач, отвечает на вопросы, даёт пояснения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает ход решения, обсуждает полученные результаты, дополняет ответы одноклассников
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает тему урока и задание на дом

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

Интеграционное пространство

Физика: применение закона всемирного тяготения и законов классической механики для объяснения движения планет в Солнечной системе, расчёта космических скоростей.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т.п.) — <http://www.astronet.ru/>

Сайт для учителей астрономии и лекторов планетариев, а также для всех интересующихся — <http://stellaria.school>

Система мира Коперника — http://elementy.ru/trefil/21073/Printsip_Kopernika

Закон всемирного тяготения — <http://elementy.ru/trefil/23>

Законы Кеплера — <http://elementy.ru/trefil/21152>

Движение ИСЗ — <http://www.aviationsweb.ru/page-310.html>

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 33—48), задачник (с. 18—25), тетрадь-практикум (с. 13—15).

Дополнительные ресурсы

1. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

2. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

3. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

4. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

5. Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

6. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

7. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

— познакомить с геоцентрической и гелиоцентрической системами мира, понятием годичного параллакса;

— изучить конфигурации планет;

— изучить законы Кеплера — законы движения планет;

— научить применять законы Кеплера для определения параметров орбит, вычисления периодов обращения планет;

- дать определение первой и второй космических скоростей и вычислить их;
- научить производить расчёт траекторий космических полётов и времени полёта.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определения геоцентрической и гелиоцентрической систем мира, конфигураций планет: противостояние, верхнее и нижнее соединения, наибольшая восточная и наибольшая западная элонгация, параллакс, перигелий, афелий, первая и вторая космические скорости, парсек;
- перечисляет планеты по порядку их расположения от Солнца;
- умеет раскрыть физический смысл величин: парсек, первая и вторая космические скорости;
- формулирует три закона Кеплера;
- умеет использовать законы Кеплера и закон всемирного тяготения для расчёта параметров орбит небесных тел, периодов обращений, космических скоростей, траекторий космических полётов, времени космического полёта.

УРОК 8. СИСТЕМА МИРА И ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ ПЛАНЕТ

Задачи урока:

- проверить знание основных теоретических положений изученного материала и умение применять их на практике;
- познакомить с геоцентрической и гелиоцентрической системами мира;
- обосновать необходимость перехода от геоцентрической системы мира к гелиоцентрической;
- изучить конфигурации планет;
- объяснить петлеобразное движение планет с позиции гелиоцентрической системы мира;
- изучить понятие годичного параллакса и его связь с расстоянием до звезды.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- оценить качество усвоения теоретического материала по теме «Астрометрия» и умение применять знания на практике;
- выявить пробелы в знаниях и умениях учащихся, определить пути их устранения;
- знает положения геоцентрической и гелиоцентрической систем мира;
- умеет приводить примеры несостоятельности гелиоцентрической системы мира;
- объясняет петлеобразное движение планет с точки зрения гелиоцентрической системы мира;
- знает конфигурации планет;
- раскрывает смысл параллакса как физической величины;
- рассчитывает расстояние до звезды в парсеках, зная её параллакс.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития нау-

ки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: формирование умений строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; формирование и развитие ИКТ-компетенций; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника.

Предметные: овладение умением различать действительное и видимое, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: карточки с заданиями (тест), учебник (§ 8), задачник.

Демонстрационное оборудование: медиаобъекты (анимация или рисунки, поясняющие объяснение петлеобразного движения планет в системах мира Птолемея и Коперника); ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 8, ответить на вопросы; задачник: № 3.1—3.8, 3.12.

Рекомендации методиста

В начале урока учащиеся выполняют тест, проверяющий их знания по теме «Астрометрия» и умение применять их на практике. Материалы к тесту можно взять с сайта Стеллария. Рекомендуемое время выполнения теста — 10 минут.

Так как учащиеся уже знакомы с геоцентрической и гелиоцентрической моделями мира из курса «Окружающий мир», предлагаем провести этот урок в форме научной дискуссии. Разобьём класс на группы:

— 1-я группа — сторонники системы мира Птолемея. Их задача — рассказать о геоцентрической системе мира и продемонстрировать её положительные моменты;

— 2-я группа — критики системы мира Птолемея. Они расскажут о петлеобразном движении планет и о трудностях геоцентрической системы мира. Также эта группа рассказывает о конфигурациях планет;

— 3-я группа — сторонники системы мира Коперника. Они излагают основные положения гелиоцентрической системы мира и объясняют петлеобразное движение планет;

— 4-я группа — астрономы-наблюдатели. Их задача — рассказать о параллаксе, наличие которого следует из гелиоцентрической системы мира; о том, когда впервые удалось измерить параллакс; как вычислить расстояние до звёзд, зная их параллакс.

После разбиения на группы и сообщения задач каждой группе учащиеся самостоятельно находят необходимую им информацию либо в учебнике, либо используя ресурсы Интернета. Если есть возможность предоставить каждой группе ПК, конечным результатом самостоятельной работы будет краткая презентация. Если такой возможности нет, учитель может предоставить уча-

никам имеющиеся в его распоряжении медиаобъекты: анимацию объяснения петлеобразного движения планет системами мира Птолемея и Коперника, схемы, рисунки. На самостоятельный поиск информации и подготовку выступления отводится 15 минут. Это время учитель может использовать для проверки тестов или для помощи ученикам в поиске и систематизации информации.

Каждая группа выступает с докладом (не более 5 минут), затем совместно ученики делают вывод, какие факты, явления, события привели к смене систем мира. Оцениваются полнота представленного материала, точность формулировок, доказательность аргументации.

Подготовку к дискуссии можно поручить выполнить в качестве домашнего задания, в этом случае время на представление докладов и их обсуждение увеличивается, да и доклады будут более подготовленными.

Альтернативный вариант — рассказ учителя о системах мира с опорой на уже имеющиеся знания.

Применение информационных технологий

Во время подготовки к дискуссии ученики используют интернет-ресурсы. По возможности каждая группа подготавливает компьютерную презентацию.

Технологическая карта урока

Вариант 1

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Выполнение КР (теста) (карточки с заданиями)	Самостоятельное выполнение теста	Контролирует самостоятельность выполнения теста	Выполняет задания теста
Подготовка к дискуссии (учебник, ПК или другой гаджет с выходом в Интернет)	Самостоятельный поиск информации в учебнике, в Интернете, подготовка выступления	Оказывает помощь в поиске информации, корректирует работу групп	Выполняет поиск информации, обобщает и систематизирует, готовит часть выступления в соответствии с отведённой ему ролью
Научная дискуссия (мультимедийная презентация, медиаобъекты)	Выступление с докладами и их обсуждение	Корректирует выступление групп, следит за временем доклада, помогает делать обобщения и выводы	Выступает с докладом или помогает докладчику, задаёт вопросы, участвует в обсуждении докладов, формулирует выводы
Подведение итогов урока	Подведение итогов, оценка работы учеников на уроке	Руководит процессом подведения итогов, оценивает работу учеников, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает задание на дом

Вариант 2

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Выполнение КР (теста) (карточки с заданиями)	Самостоятельное выполнение теста	Контролирует самостоятельность выполнения теста	Выполняет задания теста
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Рассказ о системах мира, причинах смены геоцентрической системы мира гелиоцентрической	Рассказывает, демонстрирует медиа-объекты, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Закрепление изученного материала (учебник, задачник)	Решение качественных задач	Предлагает ученикам задания, руководит процессом обсуждения ответов	Выполняет задание, отвечает у доски или с места, обсуждает и дополняет ответы одноклассников
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Подведение итогов, оценка работы учеников на уроке	Руководит процессом подведения итогов, оценивает работу учеников, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает задание на дом

УРОК 9. ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА**Задачи урока:**

- повторить основные положения геоцентрической и гелиоцентрической систем мира, конфигурации планет;
- изучить законы Кеплера;
- овладеть способом вычерчивания эллипса;
- использовать законы Кеплера для вычисления параметров орбит, периодов обращения планет.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- умеет строить эллипс;
- формулирует три закона Кеплера;
- понимает, что законы Кеплера являются следствием закона всемирного тяготения;
- умеет вычислять перигельное и афельное расстояния;
- применяет законы Кеплера для объяснения особенностей движения планет и параметров их орбит.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: формирование умений строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; формирование и развитие ИКТ-компетенций; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника.

Предметные: овладение умением различать действительное и видимое, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание применимости закона всемирного тяготения к описанию движения небесных тел.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 9, ответить на вопросы; задачник: № 3.16, 3.17, 3.20, 3.22.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения домашнего задания: решения качественных задач и обсуждения ответов на вопросы на с. 39 учебника. Также предлагаем учащимся ответить на вопросы:

— Какие трудности в объяснении движения небесных тел привели к смене геоцентрической системы мира гелиоцентрической?

— Известно, что гелиоцентрическая система была предложена в начале III в. до н. э. Аристархом Самосским. Почему она была отвергнута? Почему геоцентрическая система мира была основной в течение столь долгого времени?

С законами Кеплера учащиеся уже знакомы из курса физики 9 и 10 классов. Следует повторить историю открытия этих законов и их роль в открытии закона всемирного тяготения. Акцентируем внимание учащихся на том, что наблюдательные факты: неравномерность движения Солнца в течение года, параметры орбит планет, определённые Т. Браге, — легли в основу законов движения планет, установленных И. Кеплером. Обращаемся к рубрике «Мои астрономические исследования» (с. 41 учебника) и учимся рисовать эллипс. Вводим понятия ***перигелия*** и ***афелия***.

Следует привести обе формулировки первого закона Кеплера: эмпирическую, сформулированную в 1616 г. И. Кеплером, и обобщённую И. Ньютона. Первый обобщённый закон Кеплера описывает движение одного небесного тела в поле тяготения другого, поэтому применим для описания движения не только планет, но и комет, а также тел в двойных системах.

Отмечаем, что вследствие движения Земли вокруг Солнца по эллиптической орбите размеры Солнца на нашем небе должны меняться.

Второй закон Кеплера позволяет объяснить неравномерность видимого движения Солнца в течение года. Третий закон связывает все планеты в стройную единую планетную систему. Используя его, можно вычислить периоды обращения планет, если известны большие полуоси их орбит. Второй закон Кеплера эквивалентен закону сохранения момента импульса.

Опираясь на закон всемирного тяготения, И. Ньютон обобщил третий закон Кеплера, введя в него массы гравитационно взаимодействующих тел M_1 и M_2 :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_1 + M_2)} \quad \text{или} \quad \frac{T^2(M_1 + M_2)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}. \quad (1)$$

Так как в Солнце сосредоточена практически вся масса Солнечной системы (более 99%), то очевидно, что массами планет можно пренебречь, и тогда для любой планеты справедлива формула (с. 43 учебника)

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_\odot}.$$

Ранее (на уроке 1) обсуждался вопрос о точности и достоверности астрономических измерений. На данном уроке следует обсудить, как измеряют массы небесных тел. Физическая основа таких измерений — закон всемирного тяготения. Существует три способа определения массы небесного тела, базирующиеся на этом законе:

- измерение силы тяжести на поверхности данного тела;
- использование третьего обобщённого закона Кеплера;
- анализ возмущения движений небесных тел, вызванного исследуемым телом.

Очевидно, что первый способ в настоящее время применим только для Земли. Третий обобщённый закон Кеплера позволяет определить соотношение между массами центральных тел двух систем, если массами спутников можно пренебречь. Рассмотрим пример. Пусть имеются две системы, каждая из которых состоит из центрального тела и спутника. Массы центральных тел обозначим M_1 и M_2 , массы спутников — m_1 и m_2 , большие полуоси орбит — a_1 и a_2 , периоды обращения — T_1 и T_2 . Запишем уравнение (1) для каждой системы:

$$\frac{T_1^2(M_1 + m_1)}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{G};$$

$$\frac{T_2^2(M_2 + m_2)}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G}.$$

Правые части полученных выражений равны, приравняем их левые части и после несложных преобразований получим:

$$\frac{M_1 + m_1}{M_2 + m_2} = \frac{a_1^3 T_2^2}{a_2^3 T_1^2}.$$

Пренебрегая массами спутников, получаем

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_1^3 T_2^2}{a_2^3 T_1^2}.$$

Итак, по наблюдаемым характеристикам (большие полуоси и периоды обращения спутников вокруг центральных тел) мы сможем определить соотношение масс центральных тел в рассматриваемых системах. Конечно, применение такого метода имеет много ограничений, но это единственный способ прямого определения масс небесных тел по наблюдаемым характеристикам.

Акцентируем внимание учащихся на том, что законы Кеплера описывают движение в системе двух изолированных тел. Только в этом случае законы выполняются точно. Но в реальных планетных системах много тел, все они гравитационно взаимодействуют как с центральным телом — звездой, так и друг с другом. Вследствие этого происходит *возмущение* — отклонение движения тел от рассчитанных по законам Кеплера орбит. Приводим исторический пример: открытие планеты Нептун — рубрика «Теория, гипотезы, факты...» (с. 43 учебника).

Отметим, что большая часть материала данного урока уже известна ученикам из курса физики 9 класса. Поэтому объяснение нового материала целесообразно провести в форме беседы с опорой на имеющиеся знания, дополняя и углубляя их.

Для закрепления материала предлагаем учащимся решить задачи № 3.13 и 3.14. Так как великое противостояние, наблюдавшееся 27 июля 2018 г., совпало с полным лунным затмением, наверняка найдутся ученики, наблюдавшие эти явления. Можно провести демонстрацию с использованием электронного планетария *Stellarium*, установив нужную дату (для этого используется клавиша F5).

Отрабатываем умение применять третий закон Кеплера, решая задачи № 3.18, 3.19, 3.23 и обсуждая результаты.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Обсуждение решения качественных задач, ответы на вопросы	Организует обсуждение, задаёт вопросы, корректирует ответы	Воспроизводит решение задач, отвечает на вопросы, обсуждает решение
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа о законах движения планет	Ведёт беседу, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради, представляет подготовленный дома доклад

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Закрепление изученного материала (учебник, задачник)	Решение задач	Руководит решением задач, отвечает на вопросы, даёт пояснения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает ход решения, обсуждает полученные результаты, дополняет ответы одноклассников
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает тему урока и задание на дом

УРОК 10. КОСМИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ. МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПОЛЁТЫ

Задачи урока:

- дать определения первой и второй космических скоростей и вычислить их;
- познакомить с теорией космических полётов;
- произвести расчёт траекторий космических полётов;
- исследовать движение космических спутников Земли.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- умеет выводить формулы первой и второй космических скоростей;
- рассчитывает космические скорости, параметры орбит космических аппаратов;
- знает, как определить оптимальную траекторию полёта космического аппарата;
- вычисляет скорости движения спутников по круговым и эллиптическим орбитам;
- устанавливает условия возможного столкновения спутников и оценивает последствия этого.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений.

Метапредметные: формирование умений воспринимать, перерабатывать и представлять информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами, строить логическое рассуждение, устанавливать

причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результатов.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений и процессов; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера.

Домашнее задание

Учебник: § 10—11, ответить на вопросы; задачник: № 3.32, 3.35, 3.36, 3.39.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения решения задач, заданных на дом. Обсуждая решение задачи № 3.19, выясняем, по какой траектории движется комета Галлея (эллипс с большим эксцентриситетом).

Так как часть материала этого урока (космические скорости) известна учащимся из курса физики 9 класса, при объяснении опираемся на их знания. Вспоминаем формулировку первого обобщённого закона Кеплера и предлагаем учащимся ответить на вопрос: чем определяется форма орбиты искусственных небесных тел? Далее вспоминаем определения и формулы первой и второй космических скоростей. Решаем задачу № 8 из учебника (с. 44) и № 3.28 из задачника.

При объяснении принципов полёта космических аппаратов (КА) обращаем внимание учащихся на тщательность расчётов. Сообщаем учащимся, что возможны различные орбиты, которые зависят от начальной скорости КА, но оптимальной с точки зрения затрат энергии является полуэллиптическая орбита, удовлетворяющая следующим условиям: Солнце находится в одном из фокусов орбиты КА; перигелий и афелий орбиты КА лежат на орбитах Земли и планеты.

В учебнике приведён расчёт параметров орбиты КА при полёте к внешним планетам. На дом даём задание рассчитать параметры орбиты и время полёта КА к Венере. Обращаем внимание учащихся на то, как следует производить запуск КА в зависимости от конечной цели. Скорость движения Земли по орбите составляет примерно 30 км/с. Если предстоит полёт к внешней планете (Марс, Юпитер, Сатурн и т. п.), запуск производится в сторону движения Земли, если к внутренней — против движения Земли. Учащиеся могут самостоятельно объяснить, почему нужно соблюдать это правило, вспомнив правило сложения скоростей. Также обсуждаем следующие моменты: при запуске КА к внешней планете перигелий его орбиты совпадает с Землёй, афелий находится в точке пересечения большой оси орбиты КА с орбитой планеты, КА и планета должны одновременно подойти к афелию; если КА направляется к внутренней планете, афелий его орбиты совпадает с Землёй, перигелий находится в точке пересечения большой оси орбиты КА с орбитой планеты, КА и планета должны одновременно подойти к перигелию.

В учебнике приведена формула, по которой можно рассчитать время полёта и конфигурацию планеты в момент старта КА.

Переходим к выполнению практической работы 4 «Исследование движения искусственных спутников Земли» тетради-практикума. Подробно методика выполнения этой работы изложена в [2]. Заканчиваем урок обсуждением результатов лабораторной работы.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют ход решения и анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока	Ответы на вопросы, проверка решения задач	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, воспроизводит решение задач, заданных на дом
Актуализация знаний (учебник, задачник)	Повторение материала курса физики: космические скорости и их вычисление	Задаёт вопросы, корректирует ответы; формулирует тему урока, задаёт задание на дом, предлагает задачи для решения	Принимает участие в обсуждении, отвечает на вопросы; записывает тему урока и задание на дом, решает задачи, комментирует решение, обсуждает результаты
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа о межпланетных полётах	Объясняет принципы расчёта траекторий межпланетных полётов, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник, тетрадь-практикум)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Интеграционное пространство

Физика: магнитное поле Земли, способы теплопередачи, закон всемирного тяготения.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач.

География: форма, размеры, движение Земли; земная поверхность, внутреннее строение Земли.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Сайт для учителей астрономии и лекторов планетариев, а также для всех интересующихся — <http://stellaria.school>

Онлайн-модель Солнечной системы — <https://www.solarsystemscope.com/>

Видеофрагмент «Прецессия оси вращения Земли» — <https://www.youtube.com/watch?v=cKPSLn8IBP0>

Анимация приливов и отливов (англоязычный ресурс) — <http://www.edumedia-sciences.com/en/media/97-tides-physics>

Анимация приливов и отливов — [http://megabook.ru/media/Приливы%20и%20отливы%20\(анимация\)](http://megabook.ru/media/Приливы%20и%20отливы%20(анимация))

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 49—74), задачник (с. 26—34), тетрадь-практикум (с. 16—17).

Дополнительные ресурсы

1. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

2. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

3. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

4. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

5. Сурдин В. Г. Солнечная система. — М: Физматлит, 2008.

6. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

7. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

— сформировать понятия: планета, карликовая планета, спутник, астероид, комета, метеор, метеороид, Солнечная система;

— познакомить с современными методами исследования Солнечной системы;

- изучить строение Солнечной системы;
- познакомить с современными представлениями о происхождении Солнечной системы и историей их становления;
- научить применять физические теории при объяснении природы тел Солнечной системы и явлений приливов и прецессии;
- сформировать понимание приближённого характера наших знаний о Солнечной системе и её происхождении.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает смысл понятий: планета, карликовая планета, спутник, астероид, комета, метеор, метеорит, Солнечная система;
- умеет описывать состав и строение Солнечной системы;
- умеет объяснять, чем вызвано и в чём заключается явление прецессии;
- умеет объяснять причину приливов, используя физические законы;
- умеет объяснять особенности и различия тел Солнечной системы;
- умеет объяснять особенности движения тел Солнечной системы, используя законы всемирного тяготения и Кеплера;
- приводит доказательства единства вещества в космосе и на Земле.

УРОК 11. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И ЕЁ ПРОИСХОЖДЕНИИ

Задачи урока:

- познакомить с современными методами исследования Солнечной системы;
- познакомить с объектами Солнечной системы: планетами, карликовыми планетами, астероидами, спутниками планет, кометами, со строением Солнечной системы;
- познакомить с современными представлениями о происхождении Солнечной системы и историей их становления.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определение понятий: планета, карликовая планета, спутник, астероид, комета, метеор, метеорит, Солнечная система — и понимает их смысл;
- называет современные методы исследования Солнечной системы;
- приводит примеры использования космических аппаратов для изучения Солнечной системы и её составляющих;
- умеет описать строение Солнечной системы;
- объясняет различия между планетами и карликовыми планетами;
- приводит гипотезы возникновения Солнечной системы;
- описывает современные представления о строении и возникновении Солнечной системы.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего

развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: плакат «Строение Солнечной системы»; ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 12, 18, ответить на вопросы; задачник: № 4.3, 4.4, 4.8. Повторить материал географии: внутреннее строение Земли и её оболочки. Подготовить доклады: «Исследование внутреннего строения Земли»; «Проявления магнитного поля Земли»; «Исследования Луны с помощью космических аппаратов».

Рекомендации методиста

Урок начинаем с повторения законов движения планет — законов Кеплера. Сообщаем учащимся тему урока.

Соответствующий параграф учебника (§ 12) содержит довольно мало материала о Солнечной системе. Рекомендуем ознакомить учащихся с более полной информацией; объяснение нового материала проводим в форме проблемной беседы, обращаясь к имеющимся у учащихся знаниям. Спрашиваем: что называют Солнечной системой?

Уточним определение: **Солнечной системой** называется совокупность небесных тел, движущихся вокруг Солнца (это определение из учебника, с. 50).

Почему все небесные тела движутся вокруг Солнца? Солнце — самое массивное тело Солнечной системы: в нём сосредоточено 99,866% массы всей системы.

Какие тела входят в состав Солнечной системы?

Обобщаем: 8 больших планет, их спутники (точное количество неизвестно), карликовые планеты, астероиды, метеорные тела, кометы. Кроме того, в Солнечной системе содержатся пыль и газ.

Обратите внимание: в Интернете очень много картинок, где представлены все планеты Солнечной системы и Солнце, но без соблюдения масштабов. Не стоит использовать подобные картинки, так как это может сформировать у учащихся неверные представления о реальных соотношениях размеров тел в Солнечной системе. Рекомендуем использовать медиаобъекты с сайта Стеллария.

У учеников может возникнуть вопрос: почему Плутон был «разжалован» из планет в карликовые планеты? Причин такого решения несколько. Обратимся к общей характеристике обращения планет вокруг Солнца. Все планеты, карликовые планеты, астероиды обращаются вокруг Солнца в одном направлении. Наклонение орбит к плоскости эклиптики у 8 планет (их ча-

сто называют большими планетами) не превышает 7° (наибольший наклон у орбиты Меркурия). Орбита Плутона наклонена к плоскости эклиптики под углом $17,14^\circ$. Для наглядности рекомендуем показать соответствующий рисунок (например, как на этом ресурсе — <http://v-kosmose.com/kosmos-dlya-detei/kak-daleko-pluton/>). Кроме большого наклона, орбита Плутона вытянута сильнее, чем орбиты планет, хотя его отличие от Меркурия по этому параметру невелико.

По физическим характеристикам Плутон отличается и от планет земной группы, и от планет-гигантов. Кроме того, в последние годы было открыто большое количество тел, подобных Плутону, а некоторые превышают его по размерам (Эрида, открыта в 2005 г., находится дальше Плутона). Наконец, благодаря повышению качества наблюдательной техники было обнаружено, что Плутон и вновь открытые тела, претендующие называться планетами, имеют близких им по массе соседей на своей орбите. Так, спутник Плутона Харон имеет радиус 606 км, радиус Плутона — 1188 км.

Учитывая эти причины, Международный астрономический союз (МАС, англ. IAU) в 2006 г. принял новое определение планеты: **планетой** называется тело, которое движется по орбите вокруг Солнца; обладает достаточной массой для того, чтобы под действием собственной силы гравитации поддерживать гидростатическое равновесие и иметь шарообразную форму; доминирует на своей орбите, т. е. способна расчистить прилегающее пространство от других тел.

Здесь полезно сообщить учащимся, что форму небесного тела определяет его масса: если масса тела равна 1017 кг или больше, то под действием собственной гравитации оно принимает сферическую форму. В качестве примера приводим данные: масса Луны $7,35 \cdot 10^{22}$ кг, масса Фобоса (спутник Марса) — $1,3 \cdot 10^{16}$ кг; Луна — тело сферической формы, Фобос выглядит как огромный камень (рекомендуем показать фото Луны и Фобоса).

Одновременно МАС определил новый класс объектов: **карликовая планета** — тело, которое движется по орбите вокруг Солнца; обладает достаточной массой для того, чтобы под действием собственной силы гравитации поддерживать гидростатическое равновесие и иметь шарообразную форму; вблизи своей орбиты не имеет пространства, свободного от других тел; не является спутником.

Таким образом, Плутон был «понижен» — стал карликовой планетой, а астероид Церера «повышен» и сейчас также относится к карликовым планетам.

В каких единицах удобно измерять расстояния в Солнечной системе? Вспоминаем определение астрономической единицы и её значение, выраженное в километрах. Полезно привести значение среднего расстояния до последней (на сегодняшний день) планеты — Нептуна, оно равно примерно 30 а. е.

Каковы примерные размеры Солнечной системы? Ответить на этот вопрос непросто, так как мы не можем пока ещё взглянуть на нашу систему со стороны. Так, например, в январе 2016 г. «убийца» Плутона Майкл Браун предсказал существование большой — в 10 раз массивнее Земли — планеты на видимой окраине Солнечной системы. Этот гипотетический, предсказанный теоретически объект не найден, но, возможно, существует. Итак, что же следует считать краем Солнечной системы? Этот вопрос пока ещё не имеет точного ответа. Будем считать, что Солнечная система заканчивается там, где притяжение Солнца перестаёт быть доминирующим и становится сравнимым с притяжением других звёзд. Современные представления о строении внеш-

них областей Солнечной системы и её размерах приведены на с. 51 учебника.

Как возникла Солнечная система? В учебнике описана космогоническая теория Шмидта, этот материал можно предложить для самостоятельного изучения и обсудить в конце урока.

При подведении итогов урока обобщаем изученный материал, кратко повторяя основные положения современных представлений о Солнечной системе. Предлагаем учащимся темы докладов для следующего урока и фиксируем их внимание на основных моментах, которые должны быть отражены в докладах.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. Онлайн-модель Солнечной системы — <https://www.solarsystemscope.com/> — свободный ресурс, показывающий состав и движение тел в Солнечной системе.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация знаний (учебник)	Повторение законов движения планет	Задаёт вопросы, корректирует ответы; формулирует тему урока	Принимает участие в обсуждении, отвечает на вопросы; записывает тему урока
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Проблемная беседа о строении и составе Солнечной системы	Задаёт вопросы, сообщает дополнительную информацию, демонстрирует фотографии, схемы, рисунки, обращает внимание на важные детали	Отвечает на вопросы, слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Самостоятельное изучение нового материала (учебник, дополнительные ресурсы, Интернет)	Самостоятельная работа по поиску информации и подготовке сообщения	Следит за работой класса, оказывает помощь при возникновении затруднений, поддерживает дисциплину	Выполняет поиск информации, готовит сообщение, обсуждает полученные результаты
Обсуждение изученного материала (медиа-объекты, мультимедийная презентация)	Выступление учеников с сообщениями, обсуждение сообщений	Слушает сообщения, задаёт вопросы, уточняет и корректирует информацию	Выступает с сообщением, слушает одноклассников, принимает участие в обсуждении
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Обобщает изученный материал, задаёт домашнее задание	Слушает учителя, записывает домашнее задание

УРОК 12. ЗЕМЛЯ И ЛУНА

Задачи урока:

- познакомить с формой и внутренним строением Земли и Луны;
- познакомить с парниковым эффектом и причинами его возникновения;
- описать магнитное поле Земли и его действие;
- познакомить с физическими характеристиками и рельефом лунной поверхности;

- установить, в чём заключается явление прецессии и что его вызывает;
- объяснить роль Луны в возникновении приливов.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает форму и внутреннее строение Земли и Луны;
- даёт объяснение парниковому эффекту;
- описывает магнитное поле Земли и его проявления;
- объясняет, чем вызвано и в чём заключается явление прецессии;
- объясняет причину приливов, используя физические законы;
- знает и показывает на карте Луны основные элементы её поверхности.

Достижаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливая причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами; формирование и развитие ИКТ-компетенций; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической природы небесных тел, влияния космоса на Землю и жизнь людей.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: глобусы Земли и Луны, карта лунной поверхности, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 13—14, ответить на вопросы; задачник: № 4.14, 4.18, 4.19, 4.21. Подготовить доклады: «Методы исследования планет Солнечной системы»; «Меркурий»; «Венера»; «Марс».

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения решения задач, заданных на дом. Повторяем основные положения современных представлений о Солнечной системе и её происхождении.

Физические условия на Земле, структура планеты (внутреннее строение и оболочки) известны учащимся из курса географии, этот материал нужно было повторить (домашнее задание предыдущего урока). Поэтому заслушиваем доклад «Исследование внутреннего строения Земли», обсуждаем его и обобщаем знания о внутреннем строении Земли и её оболочках.

Ученикам уже известен состав атмосферы Земли. Следует остановиться на рассмотрении явления, названного *парниковым эффектом*, и причинах его возникновения. Из-за недостатка времени невозможно провести серьёзное обсуждение проблемы потепления климата, к тому же эта проблема весьма спорна. Но данную тему можно предложить учащимся для проектной деятельности.

Используя рисунок на с. 55 учебника, обсуждаем строение атмосферы и протяжённость её составляющих. Обращаем внимание учащихся на интересное атмосферное явление — серебристые облака (желательно показать фотографии, например, с сайта astronet.ru) — и приводим краткие сведения: образуются в верхних слоях атмосферы на высоте 70—90 км; освещаются Солнцем, поэтому в Северном полушарии наблюдаются в северной части неба, а в Южном полушарии — в южной; вероятно, центрами конденсации влаги при образовании серебристых облаков служат частицы метеорной пыли. Исследование серебристых облаков позволяет делать выводы о сложных физико-химических и динамических процессах, протекающих в земной атмосфере на больших высотах (60—100 км).

Задаём вопрос учащимся: какие атмосферные явления можно наблюдать в высоких широтах? Получив ответ (северные сияния), предлагаем заслушать доклад «Проявления магнитного поля Земли». С магнитным полем Земли учащиеся уже знакомились в курсе физики, поэтому имеет смысл обсудить именно его проявления.

Вспоминаем определение ускорения свободного падения и его значение на поверхности Земли. Эта величина может быть измерена экспериментально, что позволяет вычислить массу Земли и её плотность (с. 53 учебника). Массу естественного спутника нашей планеты — Луны — можно вычислить, используя третий обобщённый закон Кеплера.

Переходим к рассмотрению системы Земля—Луна. Полезно привести справочную информацию об этих телах: $R_{\text{Земли}} = 6400$ км; $R_{\text{Луны}} = 1737$ км; $M_{\text{Земли}} = 5,98 \cdot 10^{24}$ кг; $M_{\text{Луны}} = 7,35 \cdot 10^{22}$ кг; среднее расстояние от Земли до Луны — 384 400 км. Предлагаем учащимся выразить массу и радиус Луны в соответствующих характеристиках Земли. Легко находим, что радиус Луны равен $\frac{3}{4}$ радиуса Земли, а масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ массы Земли. Луна достаточно большое и массивное тело, поэтому имеет смысл говорить о системе Земля — Луна. Наша планета и её спутник обращаются вокруг их общего центра масс, который находится на расстоянии около 1700 км под поверхностью Земли.

Так как Луна довольно массивное небесное тело и находится близко к Земле, она должна оказывать гравитационное воздействие на нашу планету. Обсуждаем явление прецессии оси вращения Луны. Этот материал также не является новым для учащихся, так как обсуждался в разделе «Механика» курса физики. Можно показать учащимся видеофрагмент «Прецессия оси вращения Земли». Детальное объяснение возникновения приливов приведено в учебнике (с. 57—59). Полезно продемонстрировать учащимся анимацию приливов и отливов.

При знакомстве с деталями поверхности Луны целесообразно использовать глобус Луны и карту Луны. Поясняем учащимся, как отличить моря от материков и горных хребтов (моря — тёмные области; материки — светлые, это различимо даже невооружённым глазом). При наличии телескопа рекомендуем провести вечерние наблюдения Луны, методика описана в [1].

Заслушиваем доклад «Исследования Луны с помощью космических аппаратов».

В конце урока следует обсудить доклады, которые нужно подготовить к следующему уроку-конференции. Рекомендуем поручить подготовку докладов группам учеников, сообщить требования к содержанию и рекомендовать литературу. Доклад о планете может быть построен по следующему примерному плану:

- физические характеристики в сравнении с Землёй;
- периоды обращения и вращения;
- внутреннее строение;
- данные о последних исследованиях планеты;
- ссылки на источники.

Темы докладов сформулированы в общих чертах, предложите учащимся найти изюминку для каждого доклада. Так, доклад о Меркурии может содержать информацию о загадке его орбиты (подробнее см. рекомендации к следующему уроку).

Следует также оговорить продолжительность доклада. Желательно во время его представления использовать мультимедийные презентации.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. При объяснении нового материала используем анимации приливов и отливов; видеофрагмент «Прецессия оси вращения Земли».

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, проверка решения задач	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, воспроизводит решение задач, заданных на дом
Актуализация знаний (медиаобъекты, мультимедийная презентация)	Выступление учеников с сообщениями	Вслушивается учеников, задаёт дополнительные вопросы	Выступает у доски, отвечает на вопросы, дополняет ответы одноклассников
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа о системе Земля—Луна	Задаёт вопросы, общается дополнительную информацию, демонстрирует медиаобъекты, обращает внимание на важные детали	Отвечает на вопросы, слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Обобщает изученный материал, задаёт домашнее задание	Слушает учителя, записывает домашнее задание

УРОК 13. ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Задачи урока:

- установить особенности двух групп планет;
- познакомить с физическими свойствами планет земной группы, особенностями их рельефа и атмосферы;
- установить сходство и различия планет земной группы.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- объясняет, почему планеты делят на две группы;
- перечисляет планеты земной группы;
- знает, какие методы используются для исследования планет Солнечной системы;
- приводит примеры исследования планет с использованием космических аппаратов;
- описывает физические характеристики, особенности рельефа, состав атмосферы планет земной группы;
- указывает сходство планет земной группы и их различия;
- применяет законы физики для объяснения особенностей условий на поверхности планет.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, воспринимать, перерабатывать и представлять информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами; формирование и развитие ИКТ-компетенций; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущ-

ности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник.

Демонстрационное оборудование: глобусы или модели планет земной группы, фотографии планет, карты поверхности Марса, Венеры; ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера.

Домашнее задание

Учебник: § 15, ответить на вопросы; задачник: № 4.29, 4.31, 4.33. Подготовить доклады: «Юпитер и Сатурн»; «Уран и Нептун»; «Карликовые планеты».

Рекомендации методиста

Форма проведения данного урока — конференция. Учащиеся играют роль астрономов—исследователей планет Солнечной системы: одни доклады читают, другие слушают, задают вопросы, обсуждают. Учитель при необходимости дополняет выступления учащихся, но после завершения ответов на вопросы и обсуждения доклада.

В докладе «Методы исследования планет Солнечной системы» следует рассмотреть спектральные методы исследования, использование космических аппаратов, в том числе побывавших на поверхности планет, радиолокацию. Сфокусировать внимание нужно именно на описании методов, а конкретные примеры будут приводиться в последующих докладах о планетах.

Меркурий — планета, о которой в учебнике приводится совсем мало сведений. Доклад будет более интересным, если сравнить поверхности Меркурия и Луны и обсудить, почему они столь схожи. В курсе физики учащимся предстоит познакомиться с элементами теории относительности, поэтому уместно будет упомянуть о том, что орбита Меркурия не может быть точно рассчитана по законам классической физики, а именно: смещение перигелия, по данным наблюдений, оказывается больше вычисленного с применением этих законов. Объяснение этому явлению было дано А. Эйнштейном в рамках разработанной им общей теории относительности (ОТО). Проблема подтверждения верности ОТО остаётся актуальной и в наши дни, что подтверждает совместный европейско-японский проект: космический аппарат *BepiColombo* направится к Меркурию, чтобы обнаружить совокупный эффект взаимного влияния и притяжения планет на изменение орбиты планеты. Этот эффект, рассчитанный в рамках ОТО Клиффордом Уиллом из Университета Флориды в Гейнсвилле, очень мал: потребуется 2 миллиарда лет, чтобы добавить градус к вращению орбиты Меркурия. Подробнее об этом можно прочитать здесь: <https://www.sciencenews.org/article/einstein-general-relativity-mercury-orbit>

При обсуждении **Венеры** следует остановиться не только на особенностях её плотной атмосферы, которая создаёт трудности в исследовании поверхности, но и на особенностях движения (ретроградное медленное вращение планеты). Обратите внимание учащихся на определение северного полюса планеты: это тот полюс, при наблюдении с которого вращение планеты происходит **против** часовой стрелки. Сравнение Венеры с Землёй также может стать изюминкой доклада.

Марс — планета, которую в настоящее время исследуют активнее всего. До сих пор остаётся открытым вопрос: есть ли жизнь на Марсе? Но не следует увлекаться только результатами последних находок на Марсе, обязательно нужно обсудить физические характеристики планеты и условия на её поверхности.

Финалом урока может быть создание общей характеристики планет земной группы — таблицы, в которой приведены основные сведения о каждой планете (масса, радиус, периоды вращения и обращения, угол наклона плоскости орбиты к эклиптике, наличие и состав атмосферы, особенности рельефа и т. п.). Данные можно собирать постепенно, внося необходимую информацию после каждого доклада.

Следует предусмотреть время на обсуждение докладов для следующего урока-конференции «Планеты-гиганты. Карликовые планеты». Рекомендуем поручить подготовку докладов группам учеников, сообщить требования к содержанию и рекомендовать литературу. Доклад о планете может быть построен по следующему примерному плану:

- физические характеристики в сравнении с Землёй;
- периоды обращения и вращения;
- внутреннее строение;
- спутники;
- кольца;
- данные о последних исследованиях;
- ссылки на источники.

Как и на предыдущем уроке, темы докладов сформулированы в общих чертах, предложите учащимся самостоятельно найти изюминку для каждого доклада, учитывая опыт прошлого урока.

Следует также оговорить продолжительность доклада. Желательно во время его представления использовать компьютерную презентацию.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход, анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Изучение нового материала (медиа-объекты, мультимедийная презентация)	Выступление учеников с сообщениями	Выслушивает учеников, задаёт дополнительные вопросы, организует обсуждение	Выступает у доски, отвечает на вопросы, дополняет ответы одноклассников, делает обобщения и выводы
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Обобщает изученный материал, задаёт домашнее задание	Слушает учителя, записывает домашнее задание

УРОК 14. ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТЫ. КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ

Задачи урока:

- познакомить с физическими свойствами планет-гигантов, их физическими особенностями;
- установить сходство и различия планет-гигантов;
- познакомить со спутниками планет-гигантов;
- обсудить природу колец планет-гигантов;
- обосновать введение нового класса объектов — планеты-карлики;
- установить особенности движения и физических свойств планет-карликов.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- перечисляет планеты-гиганты;
- знает, какие методы используются для исследования планет Солнечной системы;
- приводит примеры исследования планет с использованием космических аппаратов;
- указывает сходство и различия планет-гигантов;
- приводит примеры спутников планет-гигантов;
- объясняет, из чего состоят и как образовались кольца планет-гигантов;
- приводит доказательства вулканической активности некоторых спутников;
- применяет законы физики для определения скорости вулканического выброса на спутнике Юпитера Ио;
- объясняет отличия карликовых планет от планет;
- описывает карликовые планеты и приводит их примеры.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, воспринимать, перерабатывать и представлять информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами; формирование и развитие ИКТ-компетенций; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: глобусы или модели планет-гигантов, фотографии планет и их спутников; ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Учебник: § 16, ответить на вопросы, повторить § 15; тетрадь-практикум: выполнить практическую работу 5 «Изучение вулканической активности на спутнике Юпитера Ио»; задачник: № 4.35, 4.40, 4.43.

Подготовить доклады: «Кометы и методы их исследования»; «Падение крупных метеоритов»; «Астероидная опасность».

Рекомендации методиста

Форма проведения данного урока — конференция. Учащиеся играют роль астрономов—исследователей планет Солнечной системы: одни докладывают результаты исследований, другие слушают, задают вопросы, обсуждают. Учитель при необходимости дополняет выступления учащихся, но после завершения ответов на вопросы и обсуждения доклада.

В докладе о *Юпитере* и *Сатурне* следует отметить, что эти планеты действительно гиганты. Сатурн имеет плотность, меньшую плотности воды. Если это не будет отражено в докладе, следует отдельно обсудить, как изучение характера вращения планеты позволяет выяснить её физическое состояние, в частности определить, что планеты-гиганты состоят из газа.

Согласно модели внутреннего строения Юпитера и Сатурна давление в центре планет настолько велико (примерно 10^{12} Па у Юпитера), что водород переходит в состояние, которое называют металлическим. Такие условия невозможно создать на Земле, поэтому такое состояние вещества можно изучать только теоретически. Следует также обсудить собственные источники энергии Юпитера, причины мощного радиоизлучения, приходящего от планеты.

Уран и *Нептун* не так хорошо изучены по сравнению с другими планетами. Следует объяснить, почему у планет наблюдается синий цвет, а также рассказать об угле наклона оси вращения Урана к плоскости орбиты. Можно описать, как будут меняться сезоны на Уране, какие климатические пояса там можно выделить.

Так как у планет-гигантов имеется большое число спутников, не следует рассказывать о каждом, необходимо провести обобщение: примерный состав изученных спутников, их особенности.

Следует упомянуть, что кольца имеются у всех планет-гигантов, а также обсудить причины появления колец. Считается, что вещество колец не прошло дифференциацию в недрах планет и поэтому имеет первичный химический состав. Исследование вещества колец важно, так как позволяет понять, какие процессы происходили на ранних этапах формирования Солнечной системы.

Определение карликовых планет было дано на уроке 11. Следует отметить трудности изучения этих планет, привести физические характеристики наиболее изученных: Плутона, Цереры, Макемаке, Эриды.

Финалом этого урока, как и прошлого, может быть создание общей характеристики планет-гигантов и планет-карликов в форме таблицы. Данные можно собирать постепенно, внося необходимую информацию после каждого доклада.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Изучение нового материала (медиа-объекты, мультимедийная презентация)	Выступление учеников с сообщениями	Выслушивает учеников, задаёт дополнительные вопросы, организует обсуждение	Выступает у доски, отвечает на вопросы, дополняет ответы одноклассников, делает обобщения и выводы
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Обобщает изученный материал, задаёт домашнее задание	Слушает учителя, записывает домашнее задание

УРОК 15. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Задачи урока:

- дать определения понятий: астероид, комета, метеор, метеороид, метеорит;
- описать природу и движение астероидов и комет;
- оценить, какую опасность представляют астероиды и крупные метеориты для жизни на Земле;
- познакомить с космическими исследованиями малых тел Солнечной системы;
- научить различать понятия: метеор, метеороид, метеорит.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определения понятий: астероид, комета, метеор, метеороид, метеорит;
- знает, какие методы используются для исследования малых тел Солнечной системы;
- приводит примеры исследования астероидов и комет с использованием космических аппаратов;
- объясняет, что такое кометы, каковы их состав и особенности движения;
- вычисляет параметры орбиты кометы, используя законы Кеплера;
- знает различия понятий: метеор, метеороид, метеорит;
- приводит примеры падения крупных метеоритов и последствий падения;
- приводит доказательства единства вещества в космосе и на Земле.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; приобретение опыта наблюдения астрономических объектов, явлений и процессов.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска); переносной купольный мультимедиацентр, виртуальный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 17, ответить на вопросы; задачник: № 4.41, 4.46, 4.52, 4.54.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения результатов домашней практической работы (тетрадь-практикум, с. 16—17). Повторение изученного материала проводим в форме блицопроса, при ответах на вопросы и выполнении заданий рекомендуем воспользоваться составленными на предыдущих уроках характеристиками.

- Что называют планетой?
- По каким признакам планеты делятся на группы?
- Приведите краткую характеристику планет земной группы, планет-гигантов.
- Укажите основные отличия планет земной группы от планет-гигантов.
- Какие тела называют планетами-карликами? В чём их отличия от планет?

Одна из карликовых планет — **Церера** — ранее относилась к астероидам. Астероиды относятся к малым телам Солнечной системы. Рассказ о них начинаем с истории открытия. Основной метод обнаружения астероидов — фотографический. Эти объекты выглядят как слабые звёзды, но перемещаются на фоне звёзд (отсюда название: астероид — звёздopodobный). Масса среднего астероида мала, поэтому астероиды не имеют сферической формы, а представляют собой бесформенные образования. Обращаем внимание учащихся на то, что массы астероидов нельзя измерить непосредственно, их вычисляют исходя из соображений, о том, что плотность астероидов мало отличается от плотности крупных метеоритов, упавших на Землю. Размеры астероидов определяют, наблюдая покрытия ими звёзд. **Покрывтие** — это астрономическое явление, заключающееся в наблюдаемом закрывании одного небесного объекта другим.

Рассказывая о поясе астероидов, следует отметить, что около 40% астероидов относятся к семействам со сходными орбитами. В некоторых семействах один астероид значительно превосходит другие по размерам (Паллада, Веста), но в большинстве случаев все астероиды семейства примерно одинаковы.

Рассказ о метеорах и метеоритах начинаем с демонстрации фотографий метеоров, метеорных потоков. Обращаемся к жизненному опыту учеников: наверняка многие из них видели «падающие звёзды» — метеоры. Подчёркиваем, что **метеор** — это астрономическое явление, вызванное вторжением в атмосферу Земли малых по размерам твёрдых космических тел. Эти тела движутся с большими скоростями (от 11 км/с и выше) в атмосфере Земли, вызывая ионизацию молекул и возбуждение атомов воздуха, что приводит к наблюдаемому яркому метеорному следу.

Демонстрируем фотографию метеорного потока и объясняем, что эта фотография сделана с большой экспозицией. Анализируем снимок: видно, что все метеоры исходят из одного места (точки) на небе, которое называется **радиантом** метеорного потока. Поясняем, что такой вид — это **эффект перспективы**. Частицы прилетают к Земле издалека, в пространстве они движутся практически параллельно по направлению к наблюдателю. Подобный эффект мы наблюдаем, глядя на железнодорожные пути или дорогу, уходящую вдаль. Нам кажется, что параллельные рельсы сходятся в одну точку вдали (рис. 8).

Радиант метеорного потока проецируется в определённое место на небе. Подобно тому как небесным объектам присваивается «адрес» на небе — созвездие, в котором объект наблюдается, метеорные потоки называют по именам созвездий, в которые проецируются их радианты: Леониды (Лев), Персеиды (Персей) и т. п. Всего в течение года можно наблюдать около 12 метеорных потоков.

Космические частицы, которые ещё не вошли в атмосферу Земли, называют **метеороидами**. Когда метеороид входит в атмосферу, мы наблюдаем астрономическое явление — **метеор**. Откуда берутся метеороиды? Это частицы, потерянные кометами. Заслушиваем доклад о кометах. Если в докладе не отражена информация об исследовании кометы Чурюмова—Герасименко, предлагаем учащимся самостоятельно познакомиться с этой информацией в учебнике (с. 70).

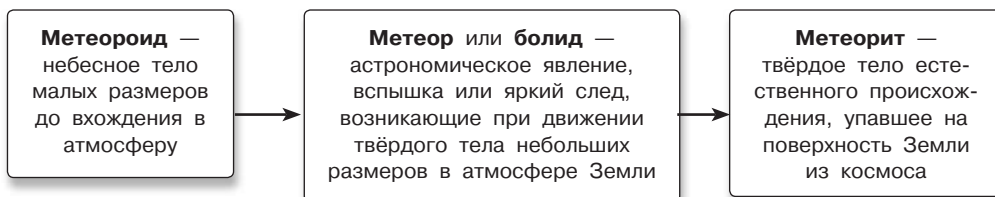
Итак, при своём движении вокруг Солнца комета постепенно разрушается, и потерянные ею частицы продолжают двигаться по той же орбите, но уже с меньшими скоростями. Если орбита кометы пересекает орбиту Земли, то ежегодно в момент прохождения Землёй точки пересечения и наблюдаются метеорные потоки.

Очень яркий метеор называют **болидом**. По яркости болид превосходит все наблюдаемые небесные объекты, кроме Луны и Солнца, т. е. его звёздная величина -5^m и менее. Это астрономическое явление можно наблюдать даже днём, оно часто оставляет после себя дымный след и сопровождается звуковыми явлениями; нередко заканчивается падением **метеорита** — твёрдого тела естественного происхождения, упавшего на поверхность Земли из космоса.



Рис. 8. Эффект перспективы

Итак, выстраиваем цепочку понятий:



Слушаем и обсуждаем доклады «Падение крупных метеоритов», «Астероидная опасность».

Материал данного урока имеет большое значение для формирования критического отношения к различным лжеоткрытиям и сенсациям. Рекомендуется обсудить, так ли велика астероидная опасность, каковы методы предотвращения этой опасности, что представлял собой Тунгусский метеорит.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. Доклады учащихся можно сопроводить просмотром видеосъёмок метеоров и болидов.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (тетрадь-практикум)	Беседа по результатам выполнения учениками домашней лабораторной работы; блицопрос по теоретическому материалу прошлых уроков	Задаёт вопросы, контролирует правильность ответов	Отвечает на вопросы учителя, аргументируя свою точку зрения, дополняет ответы других учеников
Изучение нового материала (учебник, медиаобъекты, мультимедийная презентация)	Беседа о малых телах Солнечной системы, выступление учеников с сообщениями	Задаёт вопросы, сообщает дополнительную информацию, демонстрирует медиаобъекты, обращает внимание на важные детали, выслушивает учеников, задаёт дополнительные вопросы, организует обсуждение	Отвечает на вопросы, слушает объяснение учителя, выступает у доски, участвует в обсуждении, отвечает на вопросы, дополняет ответы одноклассников, делает обобщения и выводы
Подведение итогов урока (учебник, задачник)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Обобщает изученный материал, задаёт домашнее задание	Слушает учителя, записывает домашнее задание

УРОК 16. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМАМ «ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ», «АСТРОМЕТРИЯ», «НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА», «СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ»

Задачи урока:

- повторить материал тем «Введение в астрономию», «Астрометрия», «Небесная механика», «Строение Солнечной системы»;
- продолжить формирование умений самостоятельно применять усвоенные знания о действительном движении небесных тел, строении Солнечной системы, физической природе планет для объяснения видимого движения планет, астрономических явлений, решения задач;
- оценить уровень усвоения учениками материала тем, сформированность умений применять имеющиеся знания для объяснения астрономических явлений и решения задач.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- демонстрирует знание материала по темам «Введение в астрономию», «Астрометрия», «Небесная механика», «Строение Солнечной системы»;
- демонстрирует умение применять имеющиеся знания для объяснения астрономических явлений и решения задач.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к учению и познанию.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, самостоятельно планировать пути достижения целей, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: тесты; карточки с дополнительными заданиями.

Дополнительные: Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018. — С. 5—56; Стеллария — тесты и задачи по астрономии.

Домашнее задание

Учебник: § 1, 2, 5 (повторить).

Рекомендации методиста

Для подготовки контрольной работы в виде теста воспользуйтесь дополнительными ресурсами: [6], курсом лекций по методике преподавания астрономии А. Ю. Румянцева — <http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/index.html>, материалами с сайта Стеллария.

Во время проведения инструктажа необходимо обратить внимание учеников на самостоятельность выполнения работы и правила работы с тестовыми заданиями.

Желательно не ограничиваться только тестовыми заданиями, а предложить учащимся задачи, подобные тем, которые они решали на уроках и при выполнении домашних заданий. Выбор задач определяется учителем.

Анализ основных ошибок, которые допустили ученики во время выполнения работы, необходимо провести на дополнительном занятии. К выяснению причин ошибок полезно привлечь самих учеников. По результатам проверки работ для каждого ученика необходимо составить список существенных ошибок и недочётов и запланировать работу по их устранению.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Подготовка к выполнению контрольной работы	Инструктаж с учащимися по правилам работы с тестом и задачами, правилам поведения	Проводит инструктаж, проверяет готовность учеников к работе	Проверяет наличие необходимых принадлежностей, знакомится с правилами работы с тестом и задачами
Выполнение контрольной работы (тесты, карточки с дополнительными заданиями)	Выполнение учениками контрольной работы	Следит за работой класса, помогает ученикам в случае затруднений	Самостоятельно выполняет задания контрольной работы
Анализ результатов контрольной работы (тесты, карточки с дополнительными заданиями)	Разбор с классом результатов контрольной работы	Знакомит учеников с основными ошибками, допущенными в работе	Объясняет причины ошибок, выполняет решение аналогичных задач

АСТРОФИЗИКА И ЗВЁЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Интеграционное пространство

Физика: закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса, энергии, момента импульса, законы идеального газа, законы геометрической оптики, волновые свойства света, шкала электромагнитных волн, природа излучения, происхождение спектров и спектральный анализ, ядерные и термоядерные реакции.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Химия: химические элементы, взаимодействие химических элементов, происхождение химических элементов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Фильм «Галактики в телескоп. Ожидание и реальность» — <https://www.youtube.com/watch?v=3cZ2PavZups>

Лекция В. Кузнецова «Как солнечные вспышки влияют на Землю» — <https://postnauka.ru/video/65847>

Лекция В. Кузнецова «Гелиосейсмология» — <https://postnauka.ru/video/5883>

Сайт для учителей астрономии и лекторов планетариев, а также для всех интересующихся — <http://stellaria.school>

Лекция С. Б. Попова «Какие параметры определяют эволюцию звезды» — <https://postnauka.ru/video/11458>

Подборка статей, видеолекций и прочих материалов о звёздах — <https://postnauka.ru/themes/stars>

Подборка статей, видеолекций и прочих материалов о нейтронных звёздах — <https://postnauka.ru/themes/neutron-stars>

Видеофильм «Наблюдения аккреционных дисков» — <https://www.youtube.com/watch?v=gLLYEmw-pE>

Предел Чандрасекара — <http://www.astronet.ru/db/msg/1170612/7lec/node4.html>

Тесные двойные системы — <http://www.astronet.ru/db/msg/1171323>

Лекция С. Б. Попова «Астрофизические гипотезы: чем чёрные дыры лучше пришельцев?» — https://elementy.ru/video/406/Astrofizicheskie_gipotezy_chem_chyornye_dyry_luchshe_prisheltsev

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 75—106), задачник (с. 35—44), тетрадь-практикум (с. 18—20).

Дополнительные ресурсы

1. Ефремов Ю. Н. Звёздные острова. — Фрязино: Век 2, 2005.

2. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

3. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

4. Краусс Л. Вселенная из ничего. Почему не нужен Бог, чтобы из пустоты создать Вселенную. — М.: АСТ, 2016.

5. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

6. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

7. Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

8. Сурдин В. Г. Рождение звёзд. — М.: УРСС, 2001.

9. Татаринов А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

10. Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, чёрные дыры — Фрязино: Век 2, 2003.

11. Чернин А. Д. Звёзды и физика. — М.: УРСС, 2004.

12. Шкловский И. С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть. — М.: Наука, 1977.

13. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

- познакомить с современными методами исследования Вселенной и различными типами телескопов;
- изучить основные характеристики Солнца, его строение и источники энергии;
- установить влияние Солнца на явления и процессы, происходящие на Земле;
- изучить основные характеристики звёзд и их взаимосвязь;
- познакомить со спектральной классификацией звёзд;
- научить применять физические теории при объяснении процессов, происходящих в недрах звёзд;
- объяснить природу белых карликов, нейтронных звёзд, пульсаров, чёрных дыр, новых и сверхновых звёзд;
- познакомиться с двойными, кратными и переменными звёздами;
- установить причины изменения блеска переменных звёзд;
- познакомиться с эволюцией звёзд и установить, от чего зависит жизненный путь звезды.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает, какие методы используют астрономы для исследования Вселенной;
- описывает принцип действия оптического телескопа;
- формулирует определения характеристик телескопа: светосила, увеличение, разрешающая способность, оптическая мощность;
- знает основные характеристики Солнца, его строение и источники энергии;
- приводит примеры влияния солнечной активности на явления и процессы, происходящие на Земле;
- знает основные характеристики звёзд;
- использует диаграмму «спектр—светимость» для объяснения взаимосвязи характеристик звёзд;
- использует законы физики для объяснения равновесия звёзд, описания источников энергии звёзд;
- знает, какие физические характеристики звёзд определяют их спектр и эволюцию;
- описывает эволюцию звёзд разной массы, используя диаграмму «спектр—светимость»;
- объясняет природу белых карликов, нейтронных звёзд, пульсаров, чёрных дыр, новых и сверхновых звёзд;
- знает определения двойных и кратных звёзд;
- объясняет причины изменения блеска переменных звёзд;
- объясняет происхождение химических элементов в процессе эволюции звёзд;
- приводит доказательства единства вещества в космосе и на Земле;
- оценивает возраст звёздных скоплений по диаграмме «спектр—светимость».

УРОК 17. МЕТОДЫ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задачи урока:

- познакомить с диапазоном излучения небесных тел;
- оценить прозрачность атмосферы для различных диапазонов излучения;
- изучить устройство рефракторов и рефлекторов;
- дать определения характеристик телескопа: светосила, увеличение, разрешающая способность, оптическая мощность;
- научить вычислять разрешающую способность и оптическую мощность телескопов;
- познакомить с особенностями радиотелескопов и интерферометрий.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает, что небесные тела излучают во всех диапазонах длин электромагнитных волн;
- знает, какое излучение проходит через земную атмосферу, а какое задерживается ею;
- объясняет устройство рефлектора и рефрактора;
- даёт определения характеристик телескопа: светосила, увеличение, разрешающая способность, оптическая мощность;
- вычисляет разрешающую способность и оптическую мощность телескопов;
- описывает устройство радиотелескопов;
- приводит примеры больших оптических и радиотелескопов;
- объясняет принципы интерферометрии.

Достигаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, самостоятельности в приобретении новых знаний и практик.

Метапредметные: приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников; формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, самостоятельно планировать пути достижения целей, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач.

Предметные: овладение умениями проводить наблюдения, оценивать полученные результаты, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: телескоп, ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера.

Домашнее задание

Учебник: § 19, ответить на вопросы; задачник: № 5.8, 5.10, 5.11. Подготовить доклады на темы: «Методы исследования Солнца»; «Солнечная активность и её влияние на климат на Земле».

Рекомендации методиста

При изложении данной темы следует учитывать как имеющиеся знания учащихся из курса физики основной школы (геометрическая оптика, постро-

ение изображений в зеркалах и линзах, оптические приборы, шкала электромагнитных волн), так и то, что виды излучений подробно рассматриваются в курсе физики 11 класса, как правило, во втором полугодии. Возможно, соответствующие темы курса физики изучаются одновременно с данным уроком либо позже.

Исследованию Вселенной был посвящён первый урок астрономии. Рекомендуем обратиться к материалам этого урока и вспомнить изученное.

Обратите внимание учащихся на то, что современное состояние техники позволяет астрономам наблюдать весь диапазон излучения небесных тел: от радиоволн до гамма-излучения. Но не все наблюдения можно осуществить с поверхности Земли, так как атмосфера поглощает большую часть электромагнитного спектра. Поэтому важно развивать космические методы: выводить телескопы на орбиту Земли, запускать космические исследовательские аппараты к небесным телам.

С телескопом как оптическим инструментом школьники знакомились в курсе физики основной школы. Повторяем, какие виды оптических телескопов бывают (рефлектор и рефрактор). Можно напомнить учащимся ход лучей в телескопах либо попросить их изобразить ход лучей и дать пояснения.

Отдельно следует остановиться на приёмниках излучения. В течение долгого времени основным приёмником был глаз наблюдателя, затем стали использовать фотографирование объектов, а в настоящее время излучение регистрируются специальными приёмниками — ПЗС-матрицами. ПЗС-матрицы — приборы с зарядовой связью, в которых под действием квантов света освобождаются заряды и, не покидая специально обработанной пластинки из кристаллического кремния, скапливаются под действием приложенных напряжений в определённых её местах — элементах изображения. В современных видеокамерах, фотоаппаратах, смартфонах, планшетах используются такие же матрицы.

Основная задача телескопа — собрать как можно больше излучения от объекта. Поэтому важнейшей характеристикой телескопа является не увеличение, а диаметр объектива D , так как именно от него зависит количество световой энергии, попадающее в телескоп. Чем больше диаметр, а следовательно, и площадь объектива, тем более слабые объекты становятся доступны для наблюдений.

Диаметр телескопа определяет его разрешающую способность — различать отдельные объекты или детали поверхности небесного тела. Обратите внимание учащихся на то, что имеются физические ограничения этой характеристики телескопа: она теоретически ограничена тем, что вследствие дифракции света на краю объектива изображение точечного источника представляет собой кружок конечного размера. Разрешающая способность глаза человека около $2'$.

Так как вывод формулы разрешающей способности выходит за рамки школьной программы, следует ограничиться сообщением формулы. Теоретическая разрешающая способность телескопа θ определяется по формуле

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D} \text{ (рад).}$$

Для перевода в угловые секунды следует умножить на 206 264 — число секунд в радиане, и мы получаем формулу для теоретической разрешающей способности телескопа θ , выраженной в угловых секундах (учебник, с. 77):

$$\theta = 251\,640'' \cdot \frac{\lambda}{D} \text{ (рад).}$$

Обратите внимание учащихся, что по этой формуле можно рассчитать разрешающую способность любого телескопа: радиотелескопа, инфракрасного, оптического, нужно знать диаметр объектива и длину волны, на которой ведётся наблюдение.

Следует также отметить, что реальное разрешение телескопа отличается от теоретического: оно уменьшается из-за влияния атмосферы.

Ученики знакомы с фотографиями космических объектов и ожидают увидеть примерно такие же изображения при наблюдениях в школьный телескоп. Чтобы избежать разочарования от несходства между ожидаемым и тем, что они могут увидеть, следует объяснить, что красивые фотографии космических объектов получают на больших телескопах, с большой выдержкой, с компьютерной обработкой данных. Рекомендуем показать фотографии, полученные при наблюдениях в любительский телескоп и в большой телескоп, их довольно много в Интернете. Можно показать ученикам небольшой фильм «Галактики в телескоп. Ожидание и реальность».

При рассказе о радиотелескопах отмечаем, что они могут работать в любую погоду, но при этом настраиваются на определённую длину волны (например, 21 см, что соответствует радиоизлучению нейтрального водорода). Роль объектива у радиотелескопа выполняют направленные антенны, которые собирают энергию радиоволн и передают сигнал на записывающее устройство. Фотографии радиоисточников — это специально обработанные и раскрашенные изображения этих источников, конкретный цвет соответствует определённой интенсивности излучения. По такому же сценарию обрабатываются изображения, полученные инфракрасными, рентгеновскими и другими телескопами, т. е. теми, которые фиксируют излучение, отличное от оптического диапазона.

Рассказ о телескопах следует закончить пояснениями принципа *интерферометрии* в астрономии. К этому времени учащиеся уже знакомы с явлением интерференции. Объясняем, что: 1) наблюдения одного и того же источника одновременно производятся двумя и более антеннами, установленными на больших расстояниях друг от друга; 2) в формуле для определения теоретического разрешения величина D в случае интерферометра относится не к диаметру отдельных антенн, а к расстоянию между ними. Таким образом, разрешение телескопов, соединённых по принципам интерферометра, значительно увеличивается.

При наличии в классе компьютеров, подключённых к Интернету, можно дать учащимся самостоятельное задание: выяснить, что называют *активной* и *адаптивной оптикой* и как применение этих технологий помогает увеличить разрешающую способность и качество изображений небесных объектов.

Для закрепления изученного материала решаем задачу на с. 78 учебника. Обратите внимание учащихся на то, что при вычислении разрешающей способности телескопа длина волны и диаметр объектива должны быть выражены в одинаковых единицах, а при расчёте проникающей способности (оптической мощи) телескопа диаметр объектива должен быть выражен в миллиметрах.

Далее предлагаем учащимся самостоятельно решить задачи № 5.1, 5.2, 5.3, 5.5 из задачника.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи и объясняют ход решения, анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты, тетрадь-практикум)	Обсуждение методов исследования Вселенной (материал 1-го урока)	Задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Самостоятельное изучение нового материала (дополнительные ресурсы, Интернет)	Самостоятельная работа по поиску информации и подготовке сообщения	Следит за работой класса, оказывает помощь при возникновении затруднений, поддерживает дисциплину	Выполняет поиск информации, готовит сообщение, обсуждает полученные результаты
Решение задач (учебник, задачник)	Решение задачи по образцу, самостоятельное решение задач	Объясняет решение задачи, помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 18. СОЛНЦЕ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Задачи урока:

- познакомить с основными характеристиками Солнца: размеры, масса, плотность, температура, светимость — и их значениями;
- дать определение солнечной постоянной;
- продемонстрировать использование законов Вина и Стефана—Больцмана для оценки температуры Солнца;
- познакомить со строением солнечной атмосферы;
- установить влияние Солнца на явления и процессы, происходящие на Земле.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает основные характеристики Солнца и их численные значения;
- понимает природу солнечных пятен;
- даёт определение солнечной постоянной, знает её смысл и численное значение;
- вычисляет светимость Солнца, зная значение солнечной постоянной;
- использует законы Вина и Стефана—Больцмана для оценки температуры Солнца;
- объясняет природу солнечных пятен, протуберанцев;
- объясняет, что такое солнечная активность;
- приводит примеры влияния солнечной активности на явления и процессы, происходящие на Земле.

Достижаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), телескоп.

Домашнее задание

Учебник: § 20, ответить на вопросы; задачник: № 5.17, 5.22. Подготовить доклады: «Методы изучения внутреннего строения Солнца»; «Загадки солнечных нейтрино».

Рекомендации методиста

Урок начинаем с проверки решения задач, заданных на дом. Затем заслушиваем доклад «Методы исследования Солнца», обсуждаем его и переходим к объяснению нового материала.

С одной стороны, **Солнце** — ближайшая к нам звезда, поэтому о нём нам известно значительно больше, чем о далёких звёздах. С другой стороны, Солнце — типичная звезда, и знание его характеристик, свойств, строения позволяет понять физику далёких от нас звёзд.

Основные характеристики Солнца (среднее расстояние до Земли, средний диаметр, масса, средняя плотность, ускорение свободного падения на экваторе, температуры короны и ядра) приведены в таблице на с. 80 учебника.

Следует оговорить, как из наблюдений было установлено, что Солнце вращается не как твёрдое тело. Как и любая звезда, наше светило — массивный газовый шар. Поэтому не имеет смысла говорить о поверхности Солнца. Поверхность понимается как граница раздела двух сред: твёрдого тела и газа, жидкости и газа и т. п. Поверхности у Солнца нет, но есть атмосфера. **Солнечная атмосфера** — это внешние слои Солнца, из которых излучение может непосредственно уходить в межпланетное пространство. Свет и вообще всё излучение, которое астрономы регистрируют и анализируют, приходят из солнечной атмосферы. Деление атмосферы на фотосферу, хромосферу и корону условно. Самый глубокий слой атмосферы — **фотосфера** — является непрозрачным для всех видов излучения, образующихся во внутренних слоях Солнца. Поэтому фотосферу и называют **видимой поверхностью** Солнца. Слово «видимая» подчёркивает условность этого понятия: мы воспринимаем фотосферу как поверхность Солнца. За радиус Солнца принимают радиус сферической поверхности, ограниченной фотосферой.

Солнечная постоянная определяется по данным измерения освещённости, создаваемой Солнцем на Земле, и характеризует мощность энергии, приходящейся на 1 м^2 поверхности Земли. Эта непосредственно определяемая характеристика Солнца позволяет вычислить светимость Солнца — полное количество энергии, излучаемое им за единицу времени.

Химический состав Солнца был определён из анализа его спектра. Согласно наблюдениям излучение Солнца близко по своим характеристикам излучению абсолютно чёрного тела. Это предположение позволяет вычислить поверхностную температуру Солнца. Простая формула закона Вина связывает температуру с длиной волны, на которую приходится максимум излучения (с. 83 учебника). Определив из наблюдений, что максимум излучения Солнца приходится на длину волны $4,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, астрономы вычислили температуру Солнца: 6000 К. Использование закона Вина не единственный метод определения температуры звёзд. В учебнике приводится формулировка закона Стефана—Больцмана и вычисление температуры на его основе. Вновь обращаем внимание учащихся на то, что используются характеристики Солнца, которые определяются непосредственно из наблюдений: радиус и светимость. Вычисленная по закону Стефана—Больцмана температура (5800 К) называется **эффективной температурой**, она отлична от той, что получена на основании закона Вина, но это различие невелико. Следует упомянуть, что используются и другие методы определения температуры звёзд, например по

ширине спектральных линий. Поэтому вычисленные значения следует считать вполне достоверными.

После рассказа о строении солнечной атмосферы заслушиваем доклад «Солнечная активность и её влияние на климат на Земле». Следует обратить внимание учащихся на то, что цикл солнечной активности является одной из удивительных и ещё не до конца познанных особенностей Солнца. Не стоит увлекаться изложением разнообразных гипотез, следует ограничиться лишь перечислением установленных закономерностей.

Для закрепления изученного материала можно предложить учащимся обсудить задачи № 5.13, 5.21.

При наличии в школе телескопа рекомендуется провести наблюдения Солнца (рубрика «Мои астрономические исследования», с. 84 учебника). Так как у некоторых школьников могут быть личные телескопы, следует уделить особое внимание технике безопасности при наблюдениях Солнца: необходимо использовать специальный фильтр, который надевают на объектив телескопа (обратите внимание: не на окуляр, а на объектив!), либо наблюдать Солнце, проецируя его изображение на лист белой бумаги (но и в этом случае следует использовать защитный фильтр, чтобы не испортить инструмент).

Заканчиваем урок подведением итогов и обсуждением тем докладов для следующего урока.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. На этапах проверки домашнего задания и самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи и объясняют его ход, анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Актуализация знаний (медиаобъекты, мультимедийная презентация)	Доклад ученика «Методы исследования Солнца»	Слушает доклад, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Выступает с докладом, отвечает на вопросы или слушает доклад, задаёт вопросы, участвует в обсуждении

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Лекция с мультимедийной презентацией, доклад ученика	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске; слушает доклад, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради; выступает с докладом, отвечает на вопросы или слушает доклад, задаёт вопросы, участвует в обсуждении
Решение задач (учебник, задачник)	Решение задачи в соответствии с примером	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и анализирует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 19. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ СОЛНЦА

Задачи урока:

- повторить строение солнечной атмосферы;
- познакомить с методами определения физических характеристик Солнца, основанными на теоретическом анализе наблюдаемых характеристик и физических законах;
- установить источник энергии Солнца;
- познакомить с внутренним строением Солнца;
- рассказать о солнечных нейтрино и их роли в изучении Солнца.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- объясняет, почему Солнце находится в равновесии (не сжимается и не расширяется);
- использует законы физики для вычисления давления внутри Солнца и температуры солнечного вещества;
- описывает источники энергии Солнца;
- оценивает время жизни Солнца;
- описывает внутреннее строение Солнца;
- знает, как переносится энергия от ядра до фотосферы;
- знает природу солнечных нейтрино и методы их обнаружения.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты, демонстрирующие внутреннее строение Солнца.

Домашнее задание

Учебник: § 21, ответить на вопросы, решить задачу № 19, с. 90 учебника. Повторить определение видимой звёздной величины.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с ответа на вопросы на с. 85 учебника. Дополнительные вопросы:

— Какие характеристики Солнца можно определить непосредственно из наблюдений?

— Как определяют температуру Солнца?

— Что такое солнечная постоянная? Какую характеристику Солнца можно вычислить, используя солнечную постоянную?

— Можем ли мы увидеть подфотосферные слои Солнца?

Формулируем проблему: как узнать о внутреннем строении Солнца? Напоминаем учащимся, что законы физики работают и в космосе. Приходим к выводу, что необходимо использовать физические законы, чтобы объяснить наблюдаемые явления и процессы. Другими словами, необходимо построить такую модель внутреннего строения Солнца, чтобы она не противоречила наблюдаемым данным.

Итак, мы знаем, что Солнце — гигантский газовый шар. Почему оно не расширяется и не сжимается? Так как масса Солнца велика, сила гравитации стремится сжать его. Что противостоит гравитационному сжатию? Сила давления газа, которую в первом приближении можно рассчитать по закону Менделеева—Клапейрона. Таким образом, мы создали модель внутреннего строения Солнца: гравитационное сжатие препятствует давлению газа (вещества Солнца). У учащихся закономерно может возникнуть вопрос: вещество Солнца

находится в состоянии плазмы, можем ли мы применять законы идеального газа в этом случае? В рамках школьной физики не представляется возможным ответить на этот вопрос. Мы **предполагаем**, что к веществу Солнца применимы законы идеального газа, а затем анализируем полученные результаты. Если результаты не противоречат наблюдаемым фактам, наше предположение верно. Используя описанную модель, находим среднюю температуру солнечного вещества: $4 \cdot 10^6$ К. Вспоминаем, что ранее мы определили эффективную температуру Солнца: 5800 К. Следовательно, температура Солнца меняется с глубиной: она увеличивается по мере приближения к центру.

Изменение температуры Солнца, давления и плотности вещества в зависимости от расстояния до центра приведено на рисунке 9.

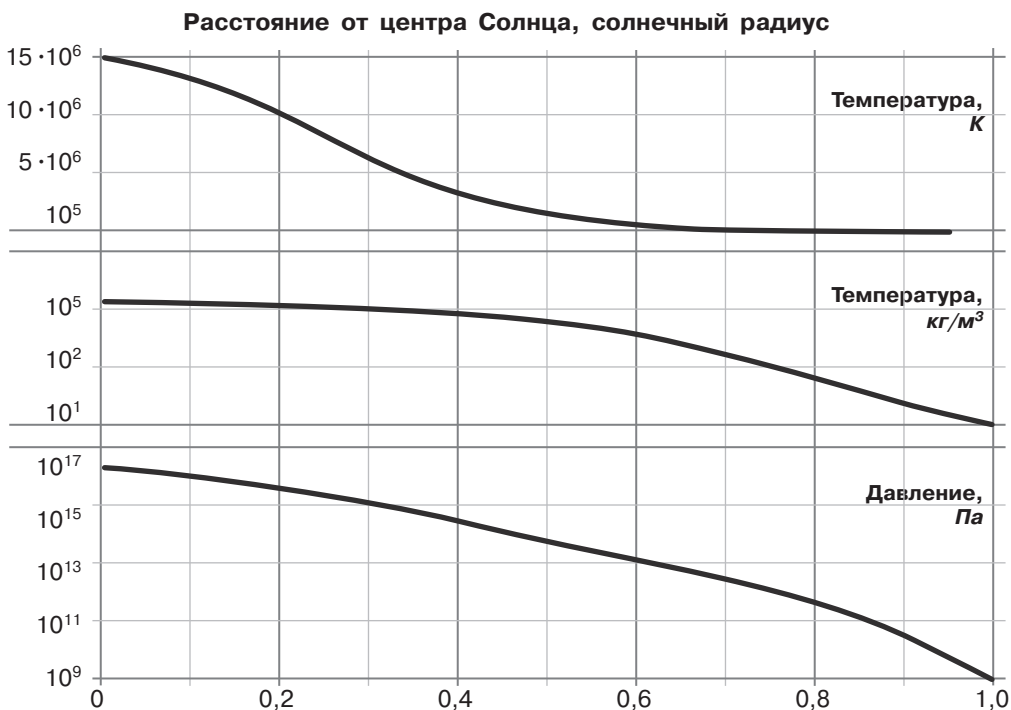


Рис. 9. Изменение температуры, плотности вещества и давления во внутренних областях Солнца

Очень высокая температура в центре Солнца приводит к тому, что частицы газа движутся быстро и, преодолевая электрические силы отталкивания одноимённых зарядов ядер, тесно сближаются, так, что становятся возможными термоядерные реакции. Именно эти реакции и являются источниками энергии Солнца.

Термоядерные реакции, происходящие в недрах Солнца (и других звёзд), являются самоуправляемыми. Известно, что скорость протекания реакции быстро растёт с увеличением давления и температуры. За счёт ядерной энергии звезда сильно нагревается, расширяется (вновь вспоминаем газовые законы!), что

приводит к уменьшению давления и температуры, снижению скорости ядерных реакций, и избыточный нагрев прекращается. При затухании термоядерных реакций внутренние слои звезды охлаждаются, что приводит к уменьшению давления и гравитационному сжатию, которое, в свою очередь, «подогревает» внутренность звезды, в результате усиливается энерговыделение (скорость термоядерных реакций возрастает). Таким образом, звёзды (и Солнце как типичная звезда) являются своеобразными управляемыми ядерными реакторами.

При изучении внутреннего строения Солнца обращаем внимание учащихся на то, что выделение энергии происходит в центральной части — ядре, радиус которого составляет $\frac{1}{3}$ радиуса Солнца. В процессе термоядерных реакций возникает гамма-излучение, которое переносится к внешним слоям Солнца двумя способами передачи энергии: лучистым переносом и конвекцией. Механизм лучистого переноса довольно подробно описан в учебнике. Зона лучистого переноса простирается до расстояний 0,7–0,8 радиуса Солнца, далее начинается конвективная зона, в которой происходит перемешивание вещества (конвекция), способствующее более быстрому переносу энергии во внешние слои. В этой зоне температура вещества Солнца быстро уменьшается (рис. 10), но всё же медленнее, чем если бы не было конвекции (пунктирная линия на рисунке). Падение температуры замедляется конвекцией, поэтому при её усилении возникают более яркие области — *факелы*. Там, где конвекция уменьшается, возникает тёмное пятно. Образование пятен, их перемещения, а также другие проявления солнечной активности связаны с магнитным полем Солнца и взаимодействием этого поля с веществом. Так как в рамках урока не представляется возможным подробно рассказать о современных представлениях о солнечной активности и её механизмах, следует предложить учащимся самостоятельно исследовать эти проблемы.

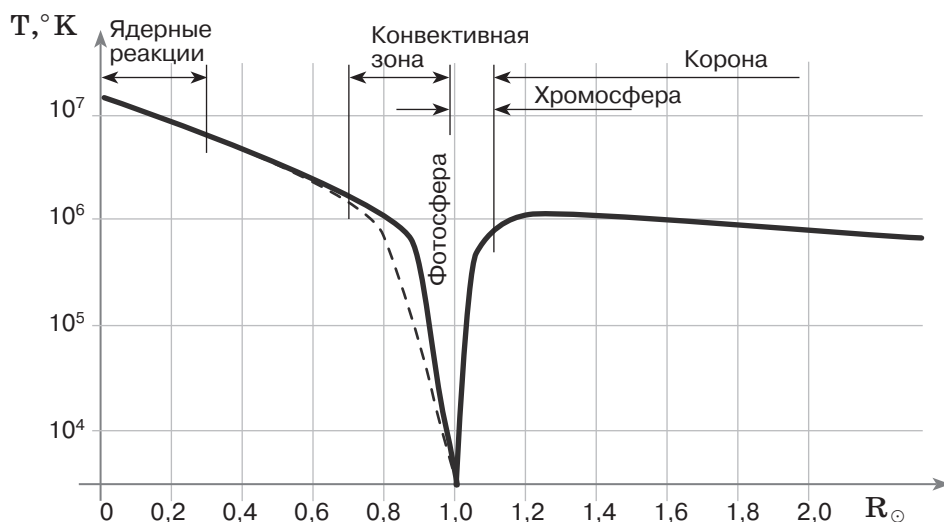


Рис. 10. Изменение температуры во внутренних областях и атмосфере Солнца

Заслушиваем доклады школьников «Методы изучения внутреннего строения Солнца», «Загадки солнечных нейтрино». При обсуждении следует упомянуть о гелиосейсмологии (если это не было отражено в докладе). Более подробную информацию можно посмотреть на сайте Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1176539/node7.html>. Можно рекомендовать учащимся просмотр лекций В. Кузнецова «Как солнечные вспышки влияют на Землю» и «Гелиосейсмология» с сайта Постнаука.

Исследование солнечных *нейтрино* — пример взаимодействия физики, точнее, физики элементарных частиц, и астрофизики. Нейтрино обладают огромной проникающей способностью: за 1 секунду через тело человека беспрепятственно проходят 10^{14} нейтрино. Тем не менее учёные смогли разработать способы обнаружения этих частиц. Их изучение позволяет узнать больше о внутреннем строении Солнца.

Заканчиваем урок повторением сведений о Солнце: используя рисунки на с. 82 и с. 86 учебника, называем зоны Солнца и даём краткую характеристику каждой зоны. Обсуждаем решение задачи 5.19 (была задана на дом). Для иллюстрации ответа удобно обратиться к рисункам и упомянуть, что выделение в солнечной атмосфере её составляющих: фотосферы, хромосферы и короны — обусловлено характером изменения температуры. В фотосфере температура уменьшается, в хромосфере происходит быстрый рост температуры, который заканчивается в короне, где начинается плавное уменьшение температуры. Плотность газа в короне падает в сотни миллионов раз по сравнению с плотностью атмосферы. Вещество короны, будучи гораздо более горячим, чем в фотосфере, сильно разрежено, поэтому мы можем увидеть корону только во время полного солнечного затмения.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией. При объяснении можно использовать анимации солнечных вспышек, протуберанцев, гранулирования. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют ход решения и анализируют полученные результаты.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, их обсуждение	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, уточняет ответы товарищей
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Закрепление изученного материала (мультимедийная презентация)	Доклад ученика	Слушает доклад, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Выступает с докладом, отвечает на вопросы или слушает доклад, задаёт вопросы, участвует в обсуждении
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 20. НАБЛЮДАЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЁЗД И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ

Задачи урока:

- дать определения освещённости, светимости, абсолютной звёздной величины;
- познакомить со спектральной классификацией звёзд;
- установить взаимосвязь между температурой звёзд и их светимостью;
- построить диаграмму температура—светимость;
- провести анализ диаграммы температура—светимость.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определения понятий: освещённость, светимость, абсолютная звёздная величина;
- записывает формулу, связывающую абсолютную звёздную величину и освещённость;
- объясняет физическую основу спектральной классификации звёзд;
- знает последовательность спектральных классов звёзд;
- приводит примеры звёзд различных спектральных классов;
- знает принципы построения диаграммы Герцшпрунга—Рессела (ГР);
- описывает области на диаграмме ГР и даёт характеристику звёзд, населяющих их.

Достижаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию,

соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результатов; формирование и развитие ИКТ-компетенций.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения оценивать полученные результаты, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты, документ-камера.

Домашнее задание

Учебник: § 22 (до материала о массе звёзд), ответить на вопросы, выполнить задание на с. 93 учебника; доделать практическую работу 6 тетради-практикума (с. 18—20).

Рекомендации методиста

Урок начинаем с повторения строения Солнца (используем рисунки на с. 82 и 89 учебника). Затем повторяем определение видимой звёздной величины: **видимая звёздная величина m** — это безразмерная физическая величина, которая характеризует освещённость, создаваемую небесным объектом в месте наблюдения (определение было дано на уроке 2).

Для более глубокого понимания изучаемого материала рекомендуем дополнить материал учебника: дать определения понятий абсолютная звёздная величина, освещённость, светимость; познакомить с формулой Погсона.

Видимая звёздная величина m характеризует освещённость, создаваемую звездой в месте наблюдения. Вводим определение: **освещённость E** — количество световой энергии, попадающей на поверхность единичной площади за единицу времени. Единица измерения — Вт/м².

На уроке 2 ученики решали задачу № 2.1 из задачника и установили, что разности в 5 звёздных величин соответствует отношение освещённостей примерно в 100 раз. Эта закономерность легла в основу современной шкалы звёздных величин, предложенной в 1854 г. Норманом Погсоном (Оксфорд). Таким образом, разности в 5 звёздных величин соответствует отношение освещённостей в 100 раз, а различию в 1^m соответствует отношение освещённостей, равное $\sqrt[5]{100} \approx 2,512...$, в m звёздных величин — $(2,512)^m$ (см. таблицу к уроку 2).

Пусть звёзды с относительными звёздными величинами m_1 и m_2 создают соответственно освещённости E_1 и E_2 . Тогда

$$m_1 - m_2 = -2,512 \cdot \lg\left(\frac{E_1}{E_2}\right).$$

Приведём другие формы записи формулы Погсона:

$$\lg\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = -0,4(m_1 - m_2);$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)} = 10^{-0,4(m_1 - m_2)}.$$

Полезно сообщить учащимся, что формализованная таким образом шкала звёздных величин базируется на эмпирическом психофизиологическом законе Вебера—Фехнера, утверждающем, что сила ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. Глаз реагирует на прошедшую через зрачок световую энергию, пропорциональную освещённости. При этом согласно закону Вебера—Фехнера при изменении внешнего раздражения в геометрической прогрессии органы чувств передают соответствующие ощущения в арифметической прогрессии.

Шкала звёздных величин — это логарифмическая шкала, в которой сравниваются освещённости, создаваемые наблюдаемыми источниками.

К истинным размерам звёзд понятие «видимая звёздная величина» отношения не имеет, а характеризует световой поток, приходящий на Землю от звезды. Очевидно, что видимая звёздная величина зависит от расстояния до звезды. Поэтому была введена абсолютная звёздная величина — независимая от расстояния до Земли характеристика, позволяющая оценить полную энергию, излучаемую звездой.

Абсолютная звёздная величина M — видимая звёздная величина, которую имела бы звезда на расстоянии 10 парсек.

Относительная и абсолютная звёздные величины связаны соотношением

$$M = m + 5 + 5\lg p,$$

где p — параллакс звезды, выраженный в секундах, или

$$M = m + 5 - 5\lg D,$$

где D — расстояние до звезды, выраженное в парсеках. Таким образом, зная расстояние до звезды, мы можем определить её абсолютную звёздную величину.

Для закрепления этого понятия предлагаем учащимся решить задачу № 18 со с. 83 учебника.

Вспоминаем определение светимости: **светимость звезды L** — физическая величина, характеризующая полную энергию, излучаемую звездой по всем направлениям в единицу времени.

Как и в случае Солнца, светимость звезды можно определить по формуле закона Стефана—Больцмана: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, где R — радиус звезды, T — её температура. Таким образом, светимость звезды зависит от двух её физических характеристик: температуры и радиуса.

Сообщаем учащимся, что с помощью наблюдений было установлено разнообразие светимости звёзд: были обнаружены звёзды как существенно большей по сравнению с Солнцем светимости, так и меньшей. Отметим, что светимость звёзд чаще всего выражают в светимостях Солнца: $L_{\odot} = 3,8 \cdot 10^{26}$ Вт.

Используя формулу закона Стефана—Больцмана, получаем

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^4 \cdot \left(\frac{R}{R_{\odot}} \right)^2.$$

Зная температуру и светимость звезды (а эти характеристики можно определить по данным наблюдений), можно найти её радиус, выраженный в радиусах Солнца.

Итак, звёзды различаются по светимостям (не путать с яркостью или освещённостью — эти характеристики зависят от расстояния до звезды!). Но

даже простые наблюдения невооружённым глазом позволяют увидеть, что звёзды различны и по цвету. Вспоминаем, что закон Вина позволяет определить температуру видимой поверхности звезды по измеренной длине волны, на которую приходится максимум излучения (эта характеристика также непосредственно определяется по данным наблюдений). Выяснилось, что температура определяет не только цвет звезды, но и её спектр.

Рекомендуется кратко рассказать учащимся о становлении спектральной классификации звёзд. К концу XIX в. накопились данные о десятках тысяч спектров звёзд. Эмпирически спектры большинства звёзд расположили в виде последовательностей, вдоль которых линии одних химических элементов постепенно ослабевают, а других — увеличиваются. Сходные между собой спектры объединили в спектральные классы, для обозначения которых использовали первые 16 букв латинского алфавита. Эта классификация оказалась неудачной: переходы между спектральными классами были непрерывными. Для новой классификации выбрали примерно 1000 ярких звёзд, для которых были получены спектры высокой дисперсии, последовательности классов расположили по убыванию температуры звёзд, хотя ещё не было известно о влиянии температуры на наличие и выраженность линий в спектрах. Эту последовательность спектральных классов используют и в настоящее время: O, B, A, F, G, K, M. Для лучшего запоминания последовательности рекомендуем использовать известные mnemonicские фразы: «Один Бритый Англичанин Финики Жевал, Как Морковь» или «O, Борис Александрович, Физики Ждут Конца Мучений» (видимо, имеется в виду Б. А. Воронцов-Вельяминов).

В учебнике приводятся пояснения и примеры влияния температуры на вид спектра звезды.

Ставим перед учениками проблему: связаны ли между собой характеристики звёзд, которые могут быть определены по результатам наблюдений (абсолютная звёздная величина или светимость, температура или спектральный класс), и если связаны, то как. Установить искомую взаимосвязь учащиеся смогут, выполняя работу 6 «Построение диаграммы Герцшпрунга—Рессела и её анализ» тетради-практикума (с. 18—20). Подробно методика организации и проведения работы описана в [3].

Так как урок весьма насыщен информацией, которой нет в учебнике, ученики могут не успеть доделать работу в классе. В этом случае следует выполнить задания 1—4 на с. 19. Предложите учащимся сравнить полученную диаграмму с диаграммой, приведённой на с. 93 учебника. Отмечаем группы звёзд: главную последовательность, красные гиганты, сверхгиганты, белые карлики — и даём краткую характеристику каждой группы. Таким образом, мы установили взаимосвязь между температурой и светимостью звёзд.

В конце урока задаём задание на дом, в том числе закончить выполнение лабораторной работы.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. Ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи и объясняют ход решения, анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник)	Ответы на вопросы, их обсуждение	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, дополняет ответы товарищей
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация, медиа-объекты)	Проблемная лекция	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник, задачник, тетрадь-практикум, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, обсуждение результатов лабораторной работы, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, проверяет правильность выполнения заданий лабораторной работы, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, демонстрирует результаты выполнения лабораторной работы, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 21. МАССЫ ЗВЁЗД. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗВЁЗД

Задачи урока:

- познакомить с диапазоном масс звёзд;
- установить связь между массой звезды главной последовательности и её светимостью;
- изучить строение звёзд главной последовательности, красных гигантов и сверхгигантов.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает диапазон масс звёзд;
- записывает формулу связи между массой звезды главной последовательности и её светимостью;
- понимает, что внутреннее строение звёзд зависит от их массы и температуры;

— описывает строение звёзд главной последовательности, красных гигантов и сверхгигантов;

— объясняет образование химических элементов в недрах звёзд.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, применять знания для объяснения астрономических явлений и процессов, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной, формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 22—23, ответить на вопросы; задачник: № 5.26, 5.27. Подготовить доклады на темы: «Открытие пульсаров»; «Обнаружение гравитационных волн».

Рекомендации методиста

Урок начинаем с обсуждения результатов лабораторной работы. Вспоминаем принципы построения диаграммы Герцшпрунга—Рессела: по горизонтальной оси откладывают температуру или спектральный класс по убыванию, по вертикальной — светимость или абсолютную звёздную величину. Повторяем и показываем на диаграмме главную последовательность и области красных гигантов, сверхгигантов, белых карликов. Отмечаем положение Солнца.

Обсуждаем ответ на вопрос: «Как будут выглядеть на диаграмме температура—светимость линии, вдоль которых располагаются звёзды одинакового радиуса?» — из тетради-практикума. Если в тетради ученики не построили эти линии, выполняем это задание на уроке. Предлагаем ученикам оценить радиусы звезды главной последовательности и сверхгиганта, относящихся к одному спектральному классу. Для этого обращаемся к рубрике «Это интересно» на с. 92 учебника и определяем радиус красного гиганта спектрального класса К. Лучше иллюстрировать полученные результаты конкретными примерами: если поместить Бетельгейзе в центр Солнечной системы, то все планеты земной группы окажутся внутри этой звезды. Желательно использовать соответствующие иллюстрации, например с сайта Стеллария.

Переходим к обсуждению вопроса о диапазоне массы звёзд. В отличие от радиуса, температуры и светимости массы звёзд различаются незначительно: от 0,05 до 100 масс Солнца. Отметим, что звёзды с массой более 30—50 масс Солнца встречаются чрезвычайно редко. Расчёты показывают: если масса протозвезды меньше 0,05 масс Солнца, в её недрах не могут начаться термоядерные реакции, следовательно, это небесное тело не будет излучать достаточно световой энергии. Примеры подобных звёзд — коричневые карлики, которые излучают в инфракрасном диапазоне, и поэтому их очень трудно обнаружить. Тяжёлые звёзды, с массами более 50 масс Солнца, оказываются неустойчивыми и быстро сбрасывают в пространство избыток вещества.

Для звёзд главной последовательности была установлена зависимость между их массой и светимостью (рисунок на с. 93 учебника). Если учащиеся уже изучили логарифмы в курсе математики, можно обсудить с ними, почему на диаграмме используются логарифмы значений массы и светимости (это позволяет сжать шкалу и сделать её более наглядной). Вспоминаем, что светимость характеризует всю вырабатываемую звездой энергию, следовательно, отражает скорость протекания термоядерных реакций в недрах звезды. Чем больше светимость, тем более благоприятные условия (высокая температура) для протекания термоядерных реакций существуют внутри звезды. Акцентируем внимание школьников на том, что установленная закономерность масса — светимость справедлива **только для звёзд главной последовательности**. В процессе эволюции звезды её масса практически не меняется, тогда как светимость меняется весьма значительно. Из этого делаем вывод: положение звезды на диаграмме Герцшпрунга—Рессела меняется в течение жизни звезды. Следует также обратить внимание учащихся на то, что положение звезды на диаграмме обусловлено её характеристиками и не имеет никакого отношения к расположению звезды в пространстве.

Внутреннее строение звезды главной последовательности определяется её массой. Звёзды нижней части главной последовательности имеют такое же строение, как Солнце. У массивных звёзд верхней части главной последовательности вследствие высокой температуры выделение энергии происходит не через протон-протонный цикл (как у Солнца), а через углеродный цикл. Такие реакции протекают очень быстро (выделение энергии при углеродном цикле пропорционально T^{20}), и лучистый перенос не может обеспечить вынос энергии из недр звезды. Поэтому в переносе энергии участвует само вещество, в центре звезды возникает конвективная зона, окружённая зоной лучистого переноса.

Эволюция звёзд будет рассматриваться позже, поэтому при объяснении строения красных гигантов и сверхгигантов следует описать различные слои (рисунок на с. 94 учебника), не вдаваясь в подробности протекания реакций, т. е. без привлечения формул. Основная задача при этом — пояснить, как образуются химические элементы.

На этапе закрепления знаний предлагаем учащимся решить задачи № 5.24, 5.28.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, тетрадь-практикум)	Обсуждение результатов лабораторной работы; ответы на вопросы	Предлагает вопросы для обсуждения, проверяет правильность выполнения заданий лабораторной работы, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы	Принимает участие в обсуждении, демонстрирует результаты выполнения лабораторной работы, отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Самостоятельное изучение нового материала (учебник, дополнительные ресурсы, Интернет)	Самостоятельная работа по поиску информации и подготовке сообщения	Следит за работой класса, оказывает помощь при возникновении затруднений, поддерживает дисциплину	Выполняет поиск информации, готовит сообщение, обсуждает полученные результаты
Решение задачи (учебник, задачник)	Решение задачи в соответствии с примером	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 22. БЕЛЫЕ КАРЛИКИ, НЕЙТРОННЫЕ ЗВЁЗДЫ, ЧЁРНЫЕ ДЫРЫ**Задачи урока:**

- проверить знание основных характеристик звёзд и их взаимосвязей;
- объяснить природу белых карликов, нейтронных звёзд, пульсаров;
- дать определение объекта «чёрная дыра»;
- познакомить со свойствами чёрных дыр.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- объясняет природу белых карликов, нейтронных звёзд, пульсаров;
- оценивает размеры и плотность белых карликов, нейтронных звёзд;
- приводит примеры белых карликов, нейтронных звёзд;
- знает, какие объекты называют чёрными дырами;
- объясняет смысл гравитационного радиуса;
- приводит примеры обнаруженных чёрных дыр.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной; научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний, формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической природы небесных тел.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты; переносной купольный мультимедиацентр, виртуальный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 24, ответить на вопросы; задачник: № 5.33, 5.37, 5.38. Провести самостоятельное наблюдение звезды Мицар.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с блицопроса. Предлагаем учащимся ответить на вопросы:

- Почему не бывает звёзд с массами, меньшими 0,05 масс Солнца?
- Какие объекты называют коричневыми карликами?
- Опишите внутреннее строение звезды с массой $M = 10M_{\odot}$.
- Как образуются химические элементы в недрах звёзд?

Обсуждаем ответы на вопросы на с. 93—94 учебника и выполнение заданий.

Объяснение нового материала начинаем с более подробного описания белых карликов. Учащиеся уже знают, где на диаграмме Герцшпрунга—Рессела расположены эти объекты. Их отличительные особенности: высокая температура поверхности, малые размеры, большая плотность. Если бы можно было сделать кубик с размером ребра 1 см из вещества белого карлика, то его масса была бы более 1000 кг! Полезно привести примеры масс животных, например: масса взрослого белого медведя немного превышает 1000 кг. При такой плотности вещество звезды переходит в особое состояние, называемое **вырожденным газом**, частицами которого являются электроны, потерявшие связь с ядрами атомов. Термоядерные реакции в белых карликах не идут, они светят за счёт остывания.

Сообщаем наблюдательные данные: массы белых карликов не превышают $1,4M_{\odot}$. Эту предельную массу теоретически рассчитал С. Чандрасекар. Причины ограничения массы белого карлика будут объяснены на следующем уроке.

Заслушиваем доклад «Открытие пульсаров». Обратим внимание школьников на теоретическое предсказание существования нейтронных звёзд. Эти объекты казались настолько фантастическими, что физики не поверили в возможность их существования. Плотность нейтронной звезды такова, что кубик с ребром 1 см, состоящий из вещества нейтронной звезды, имел бы массу более 10^{14} кг, т. е. больше, чем масса астероида Эрос, размеры которого 34,4 км в диаметре в самом широком месте.

Отличительная черта пульсаров — высокая стабильность периода сигнала, обусловленная быстрым вращением нейтронной звезды с сильным магнитным полем. В связи с этой особенностью пульсары образно называют космическими маяками.

Но ещё более удивительными объектами являются чёрные дыры, предсказанные П. Лапласом в конце XVIII в. **Чёрные дыры** — это объекты, для которых вторая космическая скорость равна или больше скорости света. Это определение позволяет рассчитать гравитационный радиус: предельный радиус для тела массой M , при котором ни один сигнал не покинет это тело. Для иллюстрации размеров чёрной дыры решаем задачу № 5.36 задачника. Определяем, что Землю нужно сжать до размеров шарика диаметром 0,9 см, чтобы она превратилась в чёрную дыру.

Но как же обнаружить чёрные дыры, если никаких сигналов, никакого излучения они не испускают? Одна из возможностей описана в учебнике и проиллюстрирована на с. 96. Сильное гравитационное поле чёрной дыры притягивает вещество находящейся рядом звезды, которое, перетекая на чёрную дыру, образует поток ускоренно движущихся по спирали вокруг компактного объекта частиц. Возникает **рентгеновское излучение**, которое фиксируется телескопами. В качестве иллюстрации рекомендуем просмотр короткого видеофильма «Наблюдения аккреционных дисков». Приводим примеры обнаруженных чёрных дыр.

Заслушиваем доклад «Обнаружение гравитационных волн», обсуждаем его. Подводя итоги урока, просим учащихся ответить на вопросы на с. 97 учебника.

Задание на дом этого урока предполагает проведение самостоятельных вечерних наблюдений звезды Мицар, которая находится на изгибе ручки ковша Большой Медведицы. Возможно, кто-то из учащихся уже знает, что рядом с Мицаром можно увидеть невооружённым глазом слабую звезду Алькор. В условиях низкой освещённости и чистого неба человек с хорошим зрением легко различает эту пару звёзд. Сообщаем учащимся, что о системах, в которые входят две и более звезды, мы поговорим на следующем уроке. Если есть возможность, следует провести наблюдения этой пары звёзд в телескоп. Методика наблюдения описана в [2].

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. С помощью виртуального телескопа *Stellarium* демонстрируем созвездие Большой Медведицы и показываем учащимся звезду Мицар, которую им предстоит наблюдать самостоятельно.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация, медиаобъекты)	Беседа, доклад	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске, слушает доклад, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради; выступает с докладом, отвечает на вопросы или слушает доклад, задаёт вопросы, участвует в обсуждении
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 23. ДВОЙНЫЕ, КРАТНЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЁЗДЫ**Задачи урока:**

- познакомить с двойными, кратными, переменными звёздами;
- познакомить с принципами и методами определения масс звёзд по исследованию визуально-двойных звёзд;
- установить причины изменения блеска переменных звёзд;
- раскрыть роль пульсирующих звёзд в определении расстояний.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает двойные, кратные, переменные, новые и сверхновые звёзды;
- знает принципы и методы определения масс звёзд по исследованию визуально-двойных звёзд;
- знает виды переменных звёзд;
- умеет объяснять причины изменения блеска переменных звёзд;
- приводит примеры использования цефеид для определения расстояний.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых зна-

ний и практических умений; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной, формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты, документ-камера; переносной купольный мультимедиацентр, виртуальный планетарий *Stellarium*.

Домашнее задание

Учебник: § 25, ответить на вопросы; задачник: № 5.33, 5.37, 5.38.

Рекомендации методиста

На этом уроке продолжается знакомство с разнообразием звёзд. Обсуждаем самостоятельные наблюдения учащимися звёзд Мицар и Алькор. Эту пару можно увидеть невооружённым глазом, а также с использованием бинокля или телескопа. В древности эти звёзды использовали для оценивания остроты зрения. «Алькор» в переводе с арабского означает «всадник», правильный перевод слова «Мицар» — «середина хвоста», что соответствует положению звезды в созвездии, но гораздо чаще эти две звезды называют «Конь» и «Всадник». Сообщаем учащимся, что такие близко расположенные друг к другу звёзды в астрономии называют **двойными звёздами** или **кратными**, если звёзд в системе больше. Так, в телескоп с 60-кратным и более увеличением видно, что Мицар «распадается» на две белые, следовательно, довольно горячие звезды, одна из которых, в свою очередь, очень тесная спектрально-двойная, но этого глазом уже не увидишь... В результате последних исследований был сделан вывод, что на самом деле Алькор и Мицар — шестикратная система, т. е. здесь шесть звёзд гравитационно взаимодействуют друг с другом! Подробная статья об этой интереснейшей системе есть на сайте «Большая Вселенная» — <https://biguniverse.ru/posts/mitsar-i-alkor-istoriya-shestikratnoj-zvezdy>

Вспоминаем, что называют **созвездием** и одинаково ли удалены от Земли звёзды одного созвездия (или астеризма). Две звезды очень близко расположены друг к другу на небесной сфере; означает ли это, что они обязательно связаны гравитационно? Оказывается, что есть такие наблюдаемые двойные звёзды, компоненты которых располагаются в пространстве на больших расстояниях друг от друга, но на небесную сферу проецируются вблизи одного направления, т. е. для наблюдателя на Земле оказываются на одном луче зрения. Такие пары называются **оптически-двойными звёздами**. Они не представляют интереса для астрономии. Примеры таких оптически-двойных звёзд — α Гончих Псов и α Козерога.

Если звёзды близко расположены в пространстве, связаны силами тяготения и обращаются около общего центра тяжести по законам Кеплера, они образуют **физически-двойную звезду**. Такие двойные звёзды представляют огромный интерес для астрономии как науки. Их изучение позволило не только установить единство законов физики на Земле и в космосе, но и получить фундаментальные знания о массах звёзд, их светимости и эволюции. Фактически рассчитать массу звезды непосредственно из наблюдений можно, только если звёзды образуют двойную систему и обращаются вокруг общего центра масс. Определение истинной орбиты в двойной системе весьма сложная задача, так как плоскость орбиты может быть наклонена к лучу зрения под любым углом. Разработаны специальные методы, которые позволяют определить большую полуось орбиты a , период обращения T . Тогда по третьему уточнённому закону Кеплера можно определить сумму масс звёзд $M_1 + M_2$:

$$\frac{M_1 + M_2}{a^3} T^2 = \frac{4\pi^2}{G}.$$

Чтобы узнать массу звёзд по отдельности, необходимо определить большие полуоси орбиты каждой звезды и воспользоваться тем, что эти величины обратны пропорциональны массам звёзд. Это довольно сложная, но решаемая задача.

По наблюдениям двойных звёзд была установлена эмпирическая зависимость масса—светимость (учебник, с. 93), которая выполняется для звёзд главной последовательности. Именно по этой зависимости оцениваются массы большинства звёзд, не входящих в двойные системы.

Наиболее информативными с точки зрения выяснения физических характеристик звёзд, их взаимосвязей, строения, особенностей являются **затменно-переменные** звёзды. Считаем полезным привести цитату из работы известного астронома Б. В. Кукаркина: «Затменные переменные звёзды представляют собой «поставщиков» наиболее полных данных о звёздах вообще. Размеры, массы, поверхностные температуры, плотности, светимости звёзд, распределение яркости по звёздным дискам, законы отражения света в звёздных атмосферах, строение звёздных атмосфер, распределение плотности внутри звёзд — вот краткий перечень сведений, которые даёт нам всестороннее изучение затменных переменных звёзд» (цитата взята из источника <http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Samus/vved.html>).

Пульсирующие переменные являются нестационарными звёздами, сошедшими с главной последовательности диаграммы Герцшпрунга—Рессела. Вспомним, что светимость звёзд зависит от температуры и размеров звезды. В учебнике достаточно подробно рассказано о **цефеидах** и причинах их пульсации. Отметим важные особенности этого класса звёзд: высокая светимость, что позволяет наблюдать цефеиды в далёких галактиках; чёткий период изменения блеска; связь периода пульсации со светимостью. Эти особенности позволяют использовать цефеиды в качестве **стандартных свечей** для определения расстояний до них. Определив период пульсаций из наблюдений, находят светимость звезды по установленной закономерности период пульсаций — светимость. Светимость звезды L и освещённость E , создаваемая ею в месте наблюдения (измеряемая характеристика), связаны **законом обратных квадратов**: значение некоторой физической величи-

ны в данной точке пространства обратно пропорционально квадрату расстояния от источника поля, которое характеризует эта физическая величина. В нашем случае

$$E = \frac{L}{4\pi d^2},$$

где d — расстояние до звезды. В действительности формула не так проста, необходимо, в частности, учитывать поглощение света в межзвёздной среде.

Разбираем решения задач № 2 и 3 (с. 42—43 задачника). Затем решаем задачи № 5.39, 5.47, 5.48 (самостоятельно).

Окончание урока можно посвятить рассмотрению проблем определения характеристик звёзд и обсуждению достоверности наших знаний о звёздах.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты, тетрадь-практикум)	Обсуждение небесных объектов, представленных на фото	Показывает фотографии небесных объектов, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Определяет, какие небесные объекты изображены на фотографиях, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Разбор решения задач (задачник)	Объяснение решения задачи	Анализирует условие, записывает данные, объясняет решение задачи, обсуждает с учениками основные пункты решения	Участвует в анализе условия задачи, записывает решение задачи в тетради, выделяет основные этапы решения

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Решение задач (учебник, зада- чник)	Решение задачи в соответствии с примером	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и до- полняет этапы ре- шения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и ре- ализует его
Подведение ито- гов урока (учеб- ник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изу- ченного матери- ала, оценка ра- боты учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, под- водит итоги	Принимает участие в обсуждении, оцени- вает ответы одно- классников, свою работу

УРОК 24. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЁЗД

Задачи урока:

- познакомить с основными этапами эволюции звёзд;
- установить, что жизненный путь звезды определяется её массой;
- описать механизм вспышек новых и сверхновых звёзд.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает основные этапы эволюции звёзд;
- оценивает время пребывания звезды на главной последовательности;
- объясняет определяющее значение массы звезды в её эволюции;
- описывает механизм вспышек новых и сверхновых звёзд;
- оценивает возраст звёздных скоплений по диаграмме спектр—светимость.

Достижаемые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний, формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливая причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 26—27, ответить на вопросы; задачник: № 5.50, 5.51, 5.53.

Рекомендации методиста

Данный урок насыщен теоретическим материалом, поэтому предлагаем начать с обсуждения новой темы, а в конце урока провести опрос по всей главе.

Звёзды рождаются, живут и умирают, производя в процессе жизни химические элементы, которые служат строительным материалом для новых звёзд, планет и других небесных тел. Благодаря совершенствованию наблюдательной техники в настоящее время астрофизики имеют возможность наблюдать звёзды на всех этапах их жизни: от рождения до смерти. Конечно, смерть звёзд — это образное выражение, звёзды не являются живыми существами и не исчезают бесследно. Есть звёзды-долгожители, гораздо старше нашего Солнца, а есть и такие, которые проживают короткую, но бурную жизнь, взрываясь и обогащая окружающую среду мириадами молекул различных химических элементов.

Рождение звёзд — процесс, который природа тщательно скрывает от нашего взора. Звёзды формируются внутри плотных областей межзвёздной среды (МЗС) — в гигантских молекулярных облаках. Эти области звездообразования можно наблюдать в различных областях Вселенной. Картинка области активного формирования звёзд в туманности Орёл, полученная космическим телескопом Хаббла в 1995 г., стала хитом, растрежированным средствами массовой информации. Получение этой и следом за ней других фотографий областей звездообразования сыграло важную роль в становлении теории эволюции звёзд.

Спросим учащихся, чем заполнено пространство между звёздами, кажущееся нам пустым. Это пространство получило название **межзвёздная среда**, (МЗС), и оно отнюдь не пустое. Его заполняют межзвёздный газ, пыль (примерно 1 % от массы газа), межзвёздные магнитные поля, космические лучи, а также тёмная материя, о которой подробнее будет рассказано позже. Межзвёздный газ состоит преимущественно из водорода (примерно 89%), гелия (около 9%), тяжёлых элементов (примерно 2%). Его плотность составляет от нескольких тысяч до нескольких сотен миллионов частиц в кубическом метре. Именно внутри плотных областей МЗС, в гигантских молекулярных облаках формируются звёзды. Во время своей жизни и смерти звёзды пополняют МЗС материей и энергией, и в этом состоит взаимодействие между звёздами и МЗС.

Теории рождения звёзд можно посвятить не один урок, поэтому ограничимся кратким описанием этого сложного и длительного процесса.

Образование звёзд начинается при гравитационном сжатии облака. Расчёты показывают, что облако может начать коллапсировать, если его масса превышает 1000 масс Солнца. Но таких тяжёлых звёзд не наблюдается. Причина этого: звёзды рождаются не единично, а в скоплениях. Действительно, наблюдения показывают, что звёзды в скоплениях имеют примерно одинаковый возраст. Гравитационное сжатие приводит к росту плотности и концентрации частиц в единице объёма, дальнейшее увеличение плотности приводит к тому, что вещество, окружающее центральную область фрагмента коллапсирующего облака, становится непрозрачным, горячим, начинает излучать в инфракрасной области — образуется **протозвезда**.

Следующий этап — начало **термоядерных реакций** в ядре звезды. Это самый длительный период её жизни — около 90% всей жизни звезды типа Солнца. Начало термоядерных реакций приводит к увеличению светового давления, звезда

«очищается» («сдувает» лишние газ и пыль). Звезда родилась! В этой стадии эволюции звезда переходит на главную последовательность диаграммы Герцшпрунга—Рессела. На с. 103 учебника приведена формула, по которой можно вычислить время пребывания звезды на главной последовательности. Чем тяжелее звезда, тем она горячее и тем быстрее происходят в её недрах термоядерные реакции.

Эволюция звёзд после стадии главной последовательности описана в учебнике, остановимся на некоторых важных моментах. Звезда сходит с главной последовательности диаграммы ГР, когда в её недрах заканчивается «ядерное горючее» — водород и ядро состоит преимущественно из гелия. Ядерные реакции горения гелия (преобразование гелия в углерод) требуют очень высокой температуры — порядка 10^8 К. Поэтому дальнейшее развитие событий зависит от массы звезды, так как она определяет температуру ядра.

У звёзд малой массы ($M < 0,5M_{\odot}$) давление внутри звезды недостаточно для достижения температуры горения гелия, после прекращения реакций преобразования водорода такие звёзды будут медленно остывать.

У звёзд с массами, равными или большими солнечной, температура в недрах достаточна для начала реакций превращения гелия в углерод. При таких реакциях выделяется больше энергии, чем при горении водорода, повышается газовое давление, в результате чего звезда расширяется, а температура фотосферы понижается. Звёзды с массами $0,5M_{\odot} < M < 1,5M_{\odot}$ переходят в стадию *красного гиганта*. У таких звёзд небольшой массы температура в недрах не может повыситься настолько, чтобы в ядре начались реакции преобразования углерода, поэтому по мере выгорания гелия оболочка звезды всё более расширяется, массы ядра недостаточно, чтобы остановить это расширение, и на последнем этапе жизни звезды типа Солнца образуется *белый карлик*, окружённый планетарной туманностью.

У звёзд с массами $M > 1,5M_{\odot}$ горение гелия начинается сразу же после того, как закончится весь водород. Чем тяжелее звезда, тем выше температура в её недрах. У массивных звёзд возможны термоядерные реакции образования азота, кислорода и других более тяжёлых элементов, вплоть до железа (рисунок на с. 94 учебника). Очень массивные звёзды проходят через стадии неустойчивости (например, цефеиды). Не следует подробно останавливаться на всех этапах эволюции тяжёлых звёзд, так как это довольно сложный для восприятия и объёмный материал. Конец жизни у всех тяжёлых звёзд очень бурный — они взрываются как *сверхновые второго типа*.

Сверхновыми называют звёзды, блеск которых при вспышке увеличивается на десятки звёздных величин, а затем постепенно спадает в течение нескольких месяцев. Сверхновые звёзды подразделяют на два основных типа. Исторически такое деление было обусловлено различиями в их кривых блеска и в спектрах. Позже выяснили, что различна природа сверхновых разных типов: *сверхновые первого типа* вспыхивают в тесных двойных системах, *сверхновые второго типа* — последний этап эволюции одиночной массивной звезды. Как уже отмечалось, в конце жизни ядро массивной звезды состоит из элементов группы железа. Если масса железного ядра $1,4M_{\odot} < M_{\text{ядра}} < 3M_{\odot}$, то в результате коллапса ядра образуется нейтронная звезда; если $M_{\text{ядра}} > 3M_{\odot}$, то образуется чёрная дыра.

На уроке 22 учащиеся познакомились с понятием «предел Чандрасекара», который был определён как предельная масса белого карлика. На этом уроке следует разъяснить смысл данного понятия. Если масса белого карлика превышает предел Чандрасекара, то он превращается в *нейтронную* звезду. Объяснение этого процесса выходит за рамки школьного курса физики. Как

мы видим, величина предела Чандрасекара ($1,4M_{\odot}$) является предельной и для массивных звёзд: если масса ядра звезды в конце её жизненного пути превосходит предел Чандрасекара, т. е. больше $1,4M_{\odot}$, звезда взрывается как **сверхновая**. На уроке следует остановиться на сообщении этих фактов. Те учащиеся, которые хотят узнать больше, могут обратиться к дополнительным материалам (<http://www.astronet.ru/db/msg/1170612/7lec/node4.html> и т. п.).

Мы рассмотрели эволюцию одиночных звёзд. Но, как уже отмечалось, во Вселенной довольно много звёздных пар. Интерес представляют тесные двойные системы, состоящие из двух взаимодействующих звёзд. Обычно расстояние между компонентами такой системы составляет несколько десятков радиусов Солнца (около 10^{10} м). Мы уже обсуждали вопрос, каковы границы Солнечной системы, и выяснили, что она заканчивается там, где притяжение Солнца перестаёт быть доминирующим и становится сравнимым с притяжением других звёзд. У каждой звезды в двойной системе есть подобная «область влияния», которая называется **полостью Роша**. Когда в процессе эволюции звезда расширяется, она может выйти за пределы своей полости Роша, и её вещество будет захватываться звездой-компаньоном (рис. 11). Подробнее о тесных двойных системах смотрите здесь: <http://www.astronet.ru/db/msg/1171323>

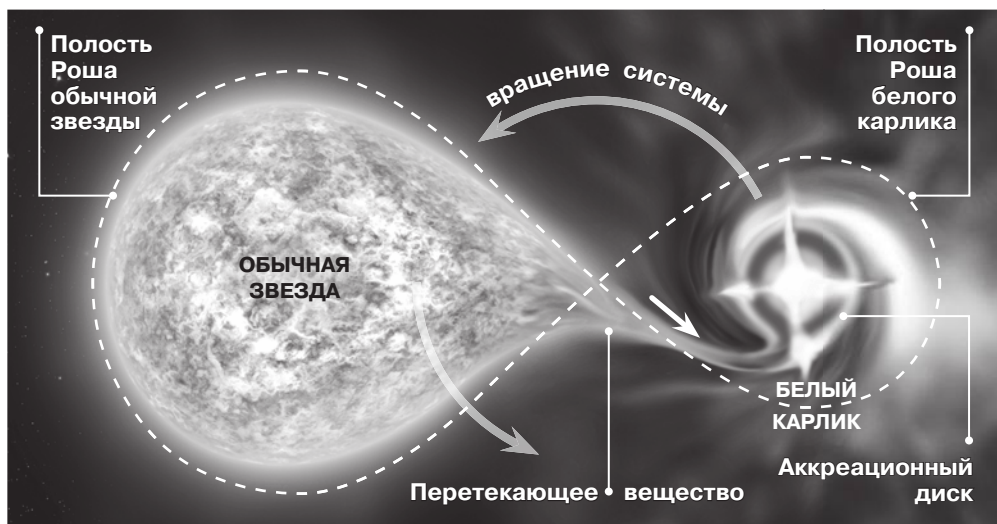


Рис. 11. Перетекание вещества на белый карлик в тесной двойной системе

Рассмотрим тесную двойную систему, одним из компонентов которой является белый карлик, второй компонент — звезда, размеры которой полностью заполняют или переполняют её полость Роша. Масса белого карлика меньше предела Чандрасекара ($<1,4M_{\odot}$). Компактный, очень плотный белый карлик захватывает богатое водородом вещество звезды-компаньона, которое начинает перетекать на него, образуя оболочку. Давление и температура в оболочке увеличиваются по мере накопления захваченного вещества, и при достижении некоторого критического значения происходит термоядерный взрыв, сбрасывающий оболочку с белого карлика. В результате вспышки

блеск звезды быстро возрастает, затем возвращается к прежнему значению в течение нескольких дней или недель. Разрушения белого карлика при этом не происходит. Такие вспышки получили название **новая звезда**. Подобные вспышки могут повторяться, что подтверждено наблюдениями.

Если в тесной двойной системе масса белого карлика близка к пределу Чандрасекара и компаньоном является гигант, у которого плотность внешних слоёв невелика, выпадение захваченного вещества на белый карлик приводит к росту его массы до превышения предела. Белый карлик коллапсирует и взрывается как **сверхновая первого типа**.

Полезно показать учащимся эволюционный путь звёзд различной массы на диаграмме ГР. Можно воспользоваться медиаобъектами с сайта Стеллария.

Как обсуждалось ранее, звёзды рождаются в звёздных скоплениях, наблюдения которых дают астрономам возможность определить возраст как самого скопления, так и входящих в него звёзд. Показываем учащимся диаграммы спектр—светимость различных звёздных скоплений и спрашиваем, как можно по этим диаграммам определить, молодое скопление или старое.

Закончить обсуждение эволюции звёзд можно высказыванием астрофизика из США Лоуренса Максвелла Краусса: «Каждый атом в вашем теле берёт своё начало во взорвавшейся звезде. И, возможно, атомы в вашей левой руке взяли своё начало в иной звезде, нежели атомы в правой руке. Это действительно самая поэтичная вещь из тех, что я знаю о физике: вы все звёздная пыль. Вас не было бы здесь, если бы звёзды не взорвались, потому что химические элементы — углерод, азот, кислород, железо, всё, что необходимо для эволюции и жизни, — не были созданы в начале времён. Они были синтезированы в ядерных печах звёзд, и единственная причина, почему они попали в ваше тело, это потому, что звёзды соизволили взорваться. Забудьте Иисуса. Звёзды умирают, чтобы вы могли находиться здесь и сейчас» [4].

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Проблемная лекция	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Интеграционное пространство

Физика: закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса, энергии, момента импульса, шкала электромагнитных волн, природа излучения, происхождение спектров и спектральный анализ.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Химия: химические элементы, взаимодействие химических элементов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Фильм «Галактики в телескоп. Ожидание и реальность» — <https://www.youtube.com/watch?v=3cZ2PavZups>

Подборка материалов о Млечном Пути и галактиках — <https://postnauka.ru/themes/galaxy>

Млечный Путь в видимом диапазоне от Axel Mellinger — <http://www.astrosurf.com/luxorion/Images/milkyway-mellinger.jpg>

Инфракрасное изображение всего неба, сделанное по результатам обзора 2MASS, — <https://phys.org/news/2016-03-students-milky-dwarf-stars.html>

Изображение плоскости Млечного Пути в субмиллиметровых волнах. Проект *Planck*. Показано не всё небо, но на куполе вполне отобразится изображение в виде полосы — http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/05/Our_galaxy_s_heart

Мозаика из рентгеновских изображений неба. Проект *Chandra*. Светлое пятно в центре — сверхмассивная чёрная дыра в центре Галактики. Здесь же имеется интерактивная рентгеновская карта Галактики — <http://chandra.harvard.edu/photo/2009/gcenter>

A Milky Way 'Mixer' Amongst the Stars — комплексное изображение всего неба, полученное по результатам съёмки неба в СВЧ-радиолучах и субмиллиметровых лучах. Проект *Planck* — http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/04/A_Milky_Way_Mixer_Amongst_the_Stars

Распределение пылевых облаков в Млечном Пути в субмиллиметровом диапазоне. Проект *Planck* — <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia18915>

Магелланов поток. Изображение потока газа, полученное в радиодиапазоне, наложено на оптический обзор неба. Проект *Planck*. — <http://www.spacetelescope.org/news/heic1314>

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 107—114), задачник (с. 45—52), тетрадь-практикум (с. 21—24).

Дополнительные ресурсы

1. Ефремов Ю. Н. Звёздные острова. — Фрязино: Век 2, 2005.
2. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.
3. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

4. *Левитан Е. П.* Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.
5. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.
6. *Сурдин В. Г.* Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.
7. *Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н.* Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.
8. *Ходж П.* Галактики. — М.: Наука, 1992.
9. *Черепашук А. М. Чернин А. Д.* Вселенная, жизнь, чёрные дыры — Фрязино: Век 2, 2003.
10. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

- познакомить с современными представлениями о Млечном Пути;
- сформировать понятия: Галактика, туманность, звёздное скопление;
- установить основные физические параметры, химический состав и распределение межзвёздного вещества в Галактике;
- изучить типы туманностей и их особенности;
- познакомить с шаровыми и рассеянными звёздными скоплениями, их распределением в Галактике;
- исследовать форму Галактики;
- познакомить со строением Галактики, движением звёзд и Солнца в Галактике;
- научить применять физические законы для оценивания массы Галактики, числа звёзд в ней, массы и размеров чёрной дыры в центре Галактики по движению соседних с ней звёзд;

- объяснить природу космических лучей в Галактике.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает современные представления о Млечном Пути;
- формулирует определение понятий: Галактика, туманность, звёздное скопление;
- знает основные физические параметры, химический состав и распределение межзвёздного вещества в Галактике;
- называет типы туманностей и их особенности;
- знает определение шаровых и рассеянных звёздных скоплений;
- описывает распределение шаровых и рассеянных звёздных скоплений в Галактике;
- описывает форму и строение Галактики;
- описывает движение звёзд и Солнца в Галактике;
- умеет использовать физические законы для оценивания массы Галактики, числа звёзд в ней, массы и размеров чёрной дыры в центре Галактики по движению соседних с ней звёзд;

- умеет приводить факты, свидетельствующие о наличии сверхмассивной чёрной дыры в центре Галактики;
- объясняет природу мощного радиоизлучения и космических лучей в Галактике.

УРОК 25. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА В ГАЛАКТИКЕ. ФОРМА ГАЛАКТИКИ

Задачи урока:

- познакомить с современными представлениями о Млечном Пути;
- сформировать понятия: Галактика, туманность;
- установить основные физические параметры, химический состав и распределение межзвёздного вещества в Галактике;
- изучить газопылевые и диффузные туманности и их особенности;
- исследовать форму Галактики.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает современные представления о Млечном Пути;
- формулирует определение понятий: Галактика, туманность, газопылевая туманность, диффузная туманность;
- знает основные физические параметры, химический состав и распределение межзвёздного вещества в Галактике;
- называет типы туманностей и их особенности;
- использует метод «звёздных черпков» для определения формы Галактики.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результатов.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, умениями формулировать гипотезы, оценивать полученные результаты, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), виртуальный планетарий *Stellarium*, карта звёздного неба, документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 28, ответить на вопросы; задачник: разобрать решение задачи 3 на с. 50, № 6.3, 6.5, 6.6.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с краткого повторения изученного материала и проверки решения задач.

Объяснение новой темы желательно предварить демонстрацией в мини-планетарии (демонстрация 12 главы 2.2, описана в [2]). Если нет возможности использовать мини-планетарий, можно воспользоваться виртуальным планетарием *Stellarium* либо обратиться к наблюдениям звёздного неба. Задача демонстраций: визуально оценить равномерность распределения звёзд по разным направлениям; определить, по каким созвездиям проходит дорожка Млечного Пути.

Следует обратить внимание учащихся на трудности исследования Галактики, вызванные тем, что мы находимся внутри её. Полезно использовать аналогию: представьте, что вы находитесь в здании в неизвестном городе. Можете ли вы по освещению улиц построить план города; определить, где находится здание — в центре или на окраине? Ответить на второй вопрос несложно: по интенсивности уличных огней можно определить, в центральной или окраинной части города находится здание. Построить же план города легко, если можно посмотреть на него извне, например из гондолы воздушного шара. Формулируем проблему: можно ли определить форму Галактики, находясь внутри её. Предлагаем учащимся выполнить практическую работу 7 «Оценивание формы Галактики методом «звёздных черпков». Методика выполнения работы и дополнительные теоретические сведения приведены в [3]. Работу рекомендуется организовать в малых группах (4–6 человек).

После построения графиков каждая группа демонстрирует результат. Очевидно, что если число звёзд для участка вдали от галактического экватора растёт очень медленно, то вблизи него — значительно быстрее. Обсуждение ответов на вопросы работы позволяет сформулировать вывод о форме нашей Галактики: в направлении к центру Галактики (участки в созвездиях, по которым проходит дорожка Млечного Пути) звёзды расположены всё плотнее, а в направлении участков, удалённых от галактического экватора, — реже, т. е. край Галактики здесь относительно недалеко.

Среди графиков, построенных учащимися, есть такие, на которых количество видимых звёзд сначала быстро растёт, а затем этот рост замедляется, и даже может наблюдаться уменьшение числа звёзд. С чем это связано? Желательно помочь учащимся самостоятельно прийти к выводу, что есть нечто, мешающее увидеть звёзды, закрывающее их от земного наблюдателя.

В процессе изучения предыдущей темы обсуждалось рождение звёзд в облаках межзвёздного газа и пыли. Поэтому учащиеся самостоятельно могут сделать вывод о том, что пыль и газ в Галактике мешают наблюдать то, что расположено за ними.

Рассказ о газопылевых туманностях, об их видах и особенностях полезно сопроводить показом изображений. Механизм свечения туманностей достаточно подробно изложен в учебнике. Следует дополнительно рассказать о том, что разреженный газ, который находится вдали от звёзд, не излучает света, так как он довольно холодный. Вспоминаем, что наиболее распространённый газ в межзвёздном пространстве — это водород, который даже при невысоких температурах излучает электромагнитные волны в радиодиапазоне, примерно на длине волны 21 см.

Желательно использовать фотографические обзоры неба, сделанные в разных диапазонах электромагнитных волн. Как правило, центр Галактики находится в середине изображения, поэтому удобно продемонстрировать обзоры последовательно, объясняя, что на них видно. Предлагается использовать следующие изображения (на некоторых страницах полноразмерное изображение открывается по щелчку мыши):

— Млечный Путь в видимом диапазоне от *Axel Mellinger* — <http://www.astrosurf.com/luxorion/Images/milkyway-mellinger.jpg>

— Инфракрасное изображение всего неба, сделанное по результатам обзора *2MASS* — <https://phys.org/news/2016-03-students-milky-dwarf-stars.html>

— Изображение плоскости Млечного Пути в субмиллиметровых волнах. Проект *Planck*. Показано не всё небо, но на куполе вполне отобразится изображение в виде полосы — http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/05/Our_galaxy_s_heart

— Мозаика из рентгеновских изображений неба. Проект *Chandra*. Светлое пятно в центре — сверхмассивная чёрная дыра в центре Галактики. Здесь же имеется интерактивная рентгеновская карта Галактики — <http://chandra.harvard.edu/photo/2009/gcenter>

— *A Milky Way 'Mixer' Amongst the Stars* — комплексное изображение всего неба, полученное по результатам съёмки неба в СВЧ-радиолучах и субмиллиметровых лучах. Проект *Planck* — http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/04/A_Milky_Way_Mixer_Amongst_the_Stars

— Распределение пылевых облаков в Млечном Пути в субмиллиметровом диапазоне. Проект *Planck* — <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=pia18915>

— Магелланов поток. Изображение потока газа, полученное в радиодиапазоне, наложено на оптический обзор неба. Проект *Planck* — <http://www.spacetelescope.org/news/heic1314>

Сравнивая снимки, убеждаемся, что радиоволны свободно проходят сквозь пыль, поэтому наблюдения в радиодиапазоне позволяют изучать те объекты, свет от которых поглощается в межзвёздной среде и практически не доходит до Земли.

Таким образом, непосредственные наблюдения за распределением звёзд позволили сделать вывод о форме Галактики, который был подтверждён более поздними наблюдениями в различных длинах волн.

В конце урока подводим итоги выполнения лабораторной работы и задаём домашнее задание.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. При наличии в школе мультимедиацентра (мини-планетария) следует организовать демонстрации звёздного неба под куполом на уроке или во внеурочное время.

Графики при выполнении лабораторной работы можно построить с использованием электронной таблицы, например Excel. Для этого следует заранее подготовить шаблоны электронных таблиц, куда вносятся результаты подсчёта звёзд (более подробно см. в [3]).

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты, тетрадь-практикум)	Обсуждение распределения звёзд на небесной сфере	Показывает вид звёздного неба в разных направлениях, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока	Определяет, как распределены звёзды на небесной сфере, выделяет полосу Млечного Пути, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги, задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает задание на дом

УРОК 26. СТРУКТУРА ГАЛАКТИКИ

Задачи урока:

- сформировать понятие «звёздное скопление»;
- познакомить с шаровыми и рассеянными звёздными скоплениями, их распределением в Млечном Пути;
- познакомить со структурой Галактики;
- описать движение звёзд и Солнца в Галактике;
- научить применять физические законы для оценивания массы Галактики, числа звёзд в ней, массы и размеров чёрной дыры в центре Галактики по движению соседних с ней звёзд;
- объяснить природу космических лучей в Галактике.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает определение шаровых и рассеянных звёздных скоплений;
- описывает распределение шаровых и рассеянных звёздных скоплений в Галактике;
- описывает форму и строение Галактики;
- описывает движение звёзд и Солнца в Галактике;
- использует физические законы для оценивания массы Галактики, числа звёзд в ней, массы и размеров чёрной дыры в центре Галактики по движению соседних с ней звёзд;
- приводит факты, свидетельствующие о наличии сверхмассивной чёрной дыры в центре Галактики;
- объясняет природу мощного радиоизлучения и космических лучей в Галактике.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, воспринимать, перерабатывать и анализировать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной; формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), карта звёздного неба, документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 29, 30, ответить на вопросы; задачник: № 6.11, 6.14, 6.21.

Рекомендации методиста

Проверку домашнего задания рекомендуем начать с обсуждения решения задач и ответов на дополнительные вопросы (с. 24 тетради-практикума).

При объяснении нового материала предлагаем учащимся вспомнить, что звёзды обычно рождаются не единично, а большими группами. Предлагаем учащимся ответить на вопросы:

— Какая физическая характеристика звезды определяет время её жизни?

— Одинаков ли жизненный путь звезды типа Солнца и звезды массой, равной 8 массам Солнца?

Одно из звёздных скоплений — *Плеяды* — учащиеся могут наблюдать непосредственно. Следует показать учащимся фото различных звёздных скоплений и дать определение рассеянных и шаровых скоплений. Отличительной чертой звёздных скоплений является то, что их образуют звёзды примерно одного возраста, но при этом они могут сильно различаться по массам. Поэтому изучение звёздных скоплений очень важно для понимания эволюции звёзд. Вспоминаем также, что по диаграмме спектр—светимость для звёздного скопления можно определить его возраст.

При обсуждении изображений Млечного Пути на с. 110 учебника следует уточнить, что мы можем только теоретически, по данным наблюдений определить вид и форму нашей Галактики. Изучение других галактик позволило нам больше узнать о Млечном Пути.

Задача определения скорости вращения Галактики и её массы довольно сложная, поэтому в учебнике приводятся значения этих величин без объяснения, как они были определены, хотя пример решения задачи на с. 113 иллюстрирует применение закона всемирного тяготения для определения массы части Галактики. Такой же метод используется и для оценки массы всей Галактики.

Изучая движение звёзд вблизи центра Млечного Пути, астрономы пришли к выводу, что там находится сверхмассивная чёрная дыра, превышающая 4 млн масс Солнца. На рисунке на с. 112 учебника приведена орбита одной из звёзд, обращающихся вокруг чёрной дыры. Предлагаем ученикам выполнить задание 1 на с. 113 учебника. Именно из анализа орбиты этой и других звёзд и были сделаны выводы о чёрной дыре, приведённые в учебнике. Полезно упомянуть, что в центрах других галактик также обнаружены сверхмассивные чёрные дыры.

Заканчиваем изучение нового материала обсуждением природы космических лучей и нерешённых проблем — природы гамма-излучения.

Для закрепления изученного материала предлагаем учащимся решить качественные задачи № 6.7, 6.8, 6.9 задачника.

Заканчиваем урок подведением итогов по теме и обсуждением вопросов, предложенных в учебнике (с. 114).

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты)	Ответы на вопросы учителя	Задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Отвечает на вопросы, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Решение задач (учебник, задачник)	Самостоятельное решение задач	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

ГАЛАКТИКИ

Интеграционное пространство

Физика: закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса, энергии, момента импульса, эффект Доплера, шкала электромагнитных волн, природа излучения, происхождение спектров и спектральный анализ.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Химия: химические элементы, взаимодействие химических элементов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Фильм «Галактики в телескоп. Ожидание и реальность» — <https://www.youtube.com/watch?v=3cZ2PavZups>

Подборка материалов о Млечном Пути и галактиках — <https://postnauka.ru/themes/galaxy>

Анимационная модель эффекта Доплера — <https://www.edumedia-sciences.com/ru/media/183>

Лекция А. В. Засова «Тёмная материя — мифы и реальность» — <https://www.youtube.com/watch?v=7BZOloi1iXU>

Столкновение и слияние галактик. Видео составлено на основе реальных снимков телескопа Хаббл — <https://www.youtube.com/watch?v=sp4sxIGxGBE>

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 115—124), задачник (с. 53—57).

Дополнительные ресурсы

1. Ефремов Ю. Н. Звёздные острова. — Фрязино: Век 2, 2005.

2. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

3. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

4. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

5. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

6. Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

7. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10—11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

8. Ходж П. Галактики. — М.: Наука, 1992.

9. Черпащук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, чёрные дыры — Фрязино: Век 2, 2003.

10. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

— познакомить с различными типами галактик и принципами их классификации;

— изучить закон Хаббла;

— дать определения понятий: красное смещение, тёмная материя, активные галактики, квазары;

— научить применять закон Хаббла для определения расстояний до галактик по красному смещению в их спектрах;

— познакомить с методами определения масс галактик;

- сформировать представление об активных галактиках и квазарах;
- познакомить с распределением галактик во Вселенной.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает различные типы галактик;
- умеет определять тип галактики по её форме;
- формулирует определение понятий: красное смещение, тёмная материя, активные галактики, квазары;
- объясняет физическую природу красного смещения в спектрах галактик;
- знает физический смысл закона Хаббла;
- использует закон Хаббла для определения расстояний до галактик по красному смещению в их спектрах;
- описывает методы определения масс галактик;
- приводит аргументы наличия тёмной материи в галактиках;
- называет отличительные особенности активных галактик и квазаров;
- описывает физическую модель квазара;
- приводит примеры, подтверждающие наличие тёмной материи в скоплениях галактик;
- описывает ячеистую структуру распределения галактик;
- использует физические законы для оценивания массы галактик, их размеров, расстояния до них.

УРОК 27. КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК

Задачи урока:

- познакомить с различными типами галактик и принципами их классификации;
- изучить закон Хаббла;
- дать определение понятий: красное смещение, тёмная материя;
- познакомить с методами определения масс галактик;
- познакомить с фактами, свидетельствующими о наличии тёмной материи в галактиках.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- описывает различные типы галактик;
- определяет тип галактики по её форме;
- формулирует определение понятий: красное смещение, тёмная материя;
- объясняет физическую природу красного смещения в спектрах галактик;
- знает физический смысл закона Хаббла;
- использует закон Хаббла для определения расстояний до галактик по красному смещению в их спектрах;
- описывает методы определения масс галактик;
- приводит аргументы в пользу наличия тёмной материи в галактиках;
- использует физические законы для оценивания массы галактик, их размеров, расстояния до них.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, самостоятельно планировать пути достижения целей, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), карта звёздного неба, документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 31, ответить на вопросы; подготовиться к выполнению лабораторной работы № 8—9 по тетради-практикуму.

Рекомендации методиста

Урок рекомендуем начать с повторения основных понятий темы «Млечный Путь», которое проводится в форме беседы. Вопросы на знание определений целесообразно дополнить решением задач № 25, 26 и 27 со с. 114 учебника. Следует также обсудить решение задач, заданных на дом. Желательно вывести на экран рисунок к задаче № 6.21 (можно воспользоваться документ-камерой) и обсудить, по каким признакам определяли тип объектов.

На этапе актуализации знаний обсуждаем, что входит в состав Млечного Пути, каковы его строение и структура. Делаем вывод: наша Галактика — это гравитационно связанная система, состоящая из звёзд и межзвёздного вещества. Есть ли во Вселенной другие галактики? Предлагаем учащимся решить задачу № 7.3 задачника. Обсуждаем, по каким признакам они классифицировали объекты.

Объяснение нового материала начинаем с исторических сведений, приведённых на с. 116 учебника. Разъясняем разницу между туманностями и галактиками. Спрашиваем учащихся, можно ли увидеть другие галактики невооружённым глазом. Если есть возможность, полезно провести наблюдения галактики Андромеды (Туманность Андромеды) непосредственно или в планетарии. Магеллановы Облака невозможно увидеть в северных широтах, поэтому демонстрируем фотографию этих объектов.

Рассказ о классификации галактик иллюстрируем показом фотографий галактик различных типов. Рекомендуем использовать фотографии с сайта Астронет. Можно расположить галактики различных типов в виде галереи на одном слайде и предложить классифицировать их по форме. Классификация галактик представлена на с. 116—117 учебника. Следует обратить внимание учащихся на то, что в настоящее время нет общепринятой строго доказанной теории, объясняющей разнообразие типов галактик.

Рассказ о взаимодействующих галактиках полезно сопроводить показом моделей столкновения галактик.

Если учащиеся ещё незнакомы с эффектом Доплера, следует объяснить, в чём заключается это явление, сопровождая объяснение показом анимационной модели эффекта Доплера.

Красное смещение z рассчитывается по формуле

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}.$$

Следует обратить внимание учащихся на то, что z — это безразмерная величина, величины в числителе и знаменателе должны быть представлены в одних и тех же единицах измерения. Так как на следующем уроке учащиеся будут выполнять лабораторную работу «Определение скорости удаления галактик по их спектрам», достаточно на этом уроке сообщить учащимся формулы, сформулировать закон Хаббла, а более глубокое изучение этих вопросов оставить на следующий урок.

Рассказ о методах определения масс галактик следует сопроводить решением задачи № 28 на с. 119 учебника. Анализируя график на с. 119 учебника, указываем, что с точки зрения физики объяснить наблюдаемый результат можно, если принять, что в галактиках присутствует невидимая материя, масса которой существенно больше массы видимого вещества. Таким образом, приходим к определению *тёмной материи*. Материал учебника не предусматривает более глубокого изучения природы тёмной материи. Ученикам, которые интересуются этим вопросом, рекомендуем лекцию А. В. Засова «Тёмная материя — мифы и реальность».

Для закрепления материала предлагаем учащимся решить задачи № 7.6, 7.7, 7.10 задачника.

В конце урока сообщаем учащимся о практической работе, которую они будут выполнять на следующем уроке, подводим итоги урока и задаём домашнее задание.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты.

Во время объяснения материала производим демонстрацию анимационной модели эффекта Доплера.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация знаний (учебник, медиаобъекты, тетрадь-практикум)	Повторение: состав, форма, структура Млечного Пути	Показывает изображения Млечного Пути, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока	Определяет, какие небесные объекты изображены на фотографиях, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока
Актуализация знаний (медиаобъекты, мультимедийная презентация)	Доклад ученика	Слушает доклад, задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Выступает с докладом, отвечает на вопросы или слушает доклад, задаёт вопросы, участвует в обсуждении
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, задаёт вопросы, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, отвечает на вопросы, записывает определения и выводы в тетради
Решение задач (учебник, задачник)	Решение задач	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги; задаёт задание на дом	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу, записывает задание на дом

УРОК 28. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ УДАЛЕНИЯ ГАЛАКТИК ПО ИХ СПЕКТРАМ»

Задачи урока:

- познакомить с методами анализа спектров;
- вычислить скорости удаления галактик по красному смещению линии H_{α} в их спектрах;

- построить график зависимости скорости удаления от расстояния до галактики;
- сформулировать закон Хаббла;
- научить применять закон Хаббла для определения расстояний до галактик по красному смещению в их спектрах;
- установить физический смысл постоянной Хаббла.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает методы анализа спектров;
- находит линию водорода H_α в спектрах галактик;
- вычисляет красное смещение для галактики по анализу её спектра;
- вычисляет скорость удаления галактики;
- формулирует закон Хаббла, записывает его формулу;
- объясняет физический смысл постоянной Хаббла;
- определяет характер движения (удаление или приближение) галактики по её спектру.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, ответственного отношения к учению, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения, коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками в процессе учебно-исследовательской деятельности, самостоятельности в приобретении знаний.

Метапредметные: овладение навыками организации учебной деятельности, самоконтроля и оценки результатов своей деятельности; формирование умений воспринимать, перерабатывать и представлять информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами, работать в группе с выполнением различных социальных ролей.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений; формирование умений проводить точные измерения, анализировать информацию, формулировать выводы, адекватно оценивать полученные результаты.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум.

Оборудование для выполнения лабораторной работы: лабораторный спектр линии H , фотографии пяти галактик и их спектры, карандаш, линейка, калькулятор.

Домашнее задание

Учебник: повторить § 31, ответить на вопросы; задачник: № 7.9, 7.11, 7.13, 7.24.

Рекомендации методиста

В начале работы учитель в форме беседы оценивает готовность учеников к выполнению работы. Ученики повторяют определение красного смещения, формулу для его вычисления, формулу для вычисления скорости удаления (приближения) галактики. Обращаем внимание учащихся на то, что красное смещение z — это безразмерная величина, величины в числителе и знаменателе формулы для вычисления z должны быть представлены в одних и тех же единицах измерения — в нм.

Подробные методические рекомендации по выполнению лабораторной работы приведены в [3]. Отметим некоторые важные моменты.

Первое задание — расположить галактики по их удалённости от поверхности Земли: от самых близких до самых далёких. Так как на фотографии представлены галактики, которые имеют примерно одинаковые физические размеры, то самой близкой будет галактика, которая имеет на фотографии большие размеры. Номера галактик по их удалённости от Земли подписывают на горизонтальной оси диаграммы (с. 26 тетради-практикума).

Для облегчения нахождения линии H_α и измерений её смещения она отмечена на спектрах знаком H_α . Цена деления составляет 10 нм, поэтому для более точного определения λ можно предложить ученикам дополнительно использовать линейку с миллиметровыми делениями.

Построив по полученным данным график зависимости скорости удаления галактик от расстояния до Земли, ученики делают вывод о соотношении расстояния до галактики и скорости её удаления: чем дальше расположена галактика, тем больше скорость её удаления от Земли. На основании этого вывода ученики заключают, что данные галактики удаляются от Земли, при этом скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию до неё. Формулировку закона Хаббла следует записать словами и в виде формулы $v = H \cdot r$. Отметим, что, если ученики неверно расположили галактики по их удалённости от Земли в первом задании, они вряд ли получат правильную закономерность (прямую линию на графике).

Следует обратить внимание учащихся на то, что значение красного смещения не зависит от того, в каком спектральном интервале находится линия: наблюдения в оптическом, радиодиапазоне, рентгеновском диапазоне дают одно и то же значение z .

Рекомендуется обсудить с учениками следующий вопрос: какова будет скорость удаления объекта, красное смещение которого $z > 1$? Если использовать формулу $v = c \cdot z$, мы получим значение скорости, превосходящее скорость света. Но это противоречит постулатам специальной теории относительности. В ситуации, когда $v \sim c$, скорость удаления можно найти по формуле

$$v = c \frac{z^2 + 2z}{z^2 + 2z + 2}.$$

Для значений $z > 1$ и эта формула становится неприменимой, так как на таких больших расстояниях само понятие скорости становится сложным и неоднозначным, и формулы специальной теории относительности не работают.

Если же речь идёт об очень далёких объектах, следует рассматривать не скорости или расстояния до них, а определяемые по спектрам красные смещения.

Более подробно о красном смещении и расширении Вселенной см.: <http://www.astronet.ru/db/msg/1162269>; <http://www.astronet.ru/db/msg/1320286>.

В рамках выполнения заданий данной работы достаточно красное смещение характеризовать как наблюдаемое свойство далёких галактик, которое может быть использовано (и используется) для определения расстояний до них с помощью эмпирически установленного закона Хаббла. Если галактика изолирована, то этот способ является практически единственным надёжным способом определения расстояния до неё.

Применение информационных технологий

В процессе выполнения лабораторной работы ученики могут использовать подготовленные заранее таблицы Microsoft Excel или подобные, которые ускорят выполнение расчётов. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Актуализация опорных знаний (учебник, тетрадь-практикум)	Повторение определений и формул	Задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали	Отвечает на вопросы, принимает участие в обсуждении
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обсуждение выводов, ответов на вопросы	Обсуждает с учениками результаты работы, задаёт задание на дом	Сообщает учителю свои результаты, формулирует предполагаемые выводы

УРОК 29. АКТИВНЫЕ ГАЛАКТИКИ И КВАЗАРЫ. СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК**Задачи урока:**

- сформировать представление об активных галактиках и квазарах;
- познакомить с распределением галактик во Вселенной.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- называет отличительные особенности активных галактик и квазаров;
- описывает физическую модель квазара;
- приводит примеры, подтверждающие наличие тёмной материи в скоплениях галактик;
- описывает ячеистую структуру распределения галактик.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений, ответственного отношения к учению.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний, формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения формулировать гипотезы, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной; формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 32, 33, ответить на вопросы, задачи № 30, 31 на с. 124 учебника; задачник: разобрать решение задачи 2 на с. 57, № 7.15.

Рекомендации методиста

Начать урок рекомендуем с обсуждения решения задач и повторения классификации галактик.

Обсуждение нового материала начинаем с определения активных галактик. Следует отметить, что спектры ядер этих галактик содержат очень яркие эмиссионные линии. Их ширина свидетельствует о быстром, со скоростями в тысячи километров в секунду, движении газа. Кроме того, наблюдаются мощное излучение в оптическом радиодиапазоне и инфракрасном диапазоне и потоки космических лучей, образующих на некотором расстоянии от ядра радиоисточники больших размеров — радиогалактики.

Механизм выделения энергии в ядрах активных галактик до сих пор не вполне ясен. В учебнике достаточно подробно описана наиболее разработанная модель квазара: в центре определённого типа галактик с высокой звёздной плотностью находится массивная чёрная дыра.

Следует обратить внимание учащихся на то, что благодаря своей высокой светимости квазары являются самыми далёкими наблюдаемыми объектами Вселенной. Очень большие красные смещения ($z = 7,1$ и более) в спектрах квазаров указывают на огромные расстояния до них.

Наблюдения показывают, что галактики образуют группы и скопления. Если сопоставить размеры галактик с расстояниями между ними, то оказывается, что галактики гораздо теснее сближены в пространстве, чем звёзды в одной галактике.

Картина распределения галактик в пространстве приведена на рисунке на с. 123 учебника. Это так называемая крупномасштабная структура Вселенной. Автор учебника использует альтернативный термин — «ячеистая структура».

Предлагаем учащимся рассмотреть самостоятельно пример решения задачи (с. 56 задачника). Анализируя полученный результат, отмечаем, что тёмная материя играет решающую роль в объединении галактик в скопления. Не будь её, галактики бы разлетелись в пространстве.

Задача 2 на с. 57 задачника интересна тем, что учащиеся узнают о новой единице измерения расстояний — **галактическом параллаксе**.

Предлагаем учащимся самостоятельно решить задачи № 7.16, 7.27.

Заканчиваем урок подведением итогов по теме и обсуждением вопросов, предложенных в учебнике (с. 124).

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решение задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Разбор решения задач (задачник)	Объяснение решения задачи	Анализирует условие, записывает данные, объясняет решение задачи, обсуждает с учениками основные пункты решения	Участвует в анализе условия задачи, записывает решение задачи в тетради, выделяет основные этапы решения
Решение задач (учебник, задачник)	Решение задач	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Интеграционное пространство

Физика: закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса, энергии, момента импульса, шкала электромагнитных волн, электродинамика, природа излучения, происхождение спектров и спектральный анализ; физика элементарных частиц; общая теория относительности.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Химия: химические элементы, взаимодействие химических элементов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Статья о парадоксе Ольберса — https://elementy.ru/trefil/21182/Paradoks_Olbersa
Александр Иванчик. Ранние стадии эволюции Вселенной — <https://postnauka.ru/faq/63504>

Лекция профессора космологии и астрофизики Кембриджского университета Мартина Риса о прошлом и будущем Вселенной (перевод) — <https://postnauka.ru/video/79302>

Мультфильм о нуклеосинтезе, поиске химических элементов и составе звёзд — <https://postnauka.ru/animate/88761>

Мультфильм о фундаментальных открытиях в основе теории Большого взрыва, об инфляционной модели Вселенной и о реликтовом излучении — <https://postnauka.ru/animate/79408>

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 125–134), задачник (с. 58–61).

Дополнительные ресурсы

1. Клыков Д. Ю., Кондакова Е. В. Методическое пособие по использованию комплекса учебного оборудования для школьного кабинета астрономии. — М.: Просвещение, 2018.

2. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

3. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

4. Методика преподавания астрономии в средней школе: пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

5. Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

6. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

7. Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, чёрные дыры. — Фрязино: Век 2, 2003.

8. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1976.

9. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

- познакомить с разделом астрономии — космологией, её предметом и задачами;
- познакомить с парадоксами классической космологии;
- обосновать необходимость использования общей теории относительности для построения модели Вселенной;
- сформировать представление о космологической модели Вселенной и развитии этой модели;
- оценить радиус метagalактики, возраст Вселенной;
- познакомить с данными наблюдений, приведшими к созданию модели горячей Вселенной.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает предмет и задачи космологии;
- знает, в чём заключается и как объясняется фотометрический парадокс;
- объясняет необходимость использования общей теории относительности для построения модели Вселенной;
- умеет рассчитывать критическое значение плотности вещества во Вселенной;
- знает сценарии эволюционного развития Вселенной в зависимости от критического значения плотности вещества в ней;
- вычисляет радиус метagalактики; возраст Вселенной, используя закон Хаббла;
- объясняет, в чём состоит сущность теории Большого взрыва;
- приводит примеры данных наблюдений, подтверждающих верность модели горячей Вселенной;
- знает, чем вызвано реликтовое излучение.

**УРОК 30. КОНЕЧНОСТЬ И БЕСКОНЕЧНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ.
РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ****Задачи урока:**

- продолжить формирование понятия «Вселенная»;
- познакомить с разделом астрономии — космологией, её предметом и задачами;
- познакомить с фотометрическим парадоксом;
- обосновать необходимость использования общей теории относительности для построения модели Вселенной;
- сформировать представление о космологической модели расширяющейся Вселенной;
- дать определение критического значения средней плотности Вселенной;
- проследить развитие космологической модели от её возникновения до наших дней;
- оценить радиус метagalактики, возраст Вселенной.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- формулирует определение космологии, называет предмет и задачи космологии;
- формулирует и объясняет суть фотометрического парадокса;
- объясняет необходимость использования общей теории относительности для построения модели Вселенной;
- записывает формулу для вычисления критического значения плотности вещества во Вселенной и объясняет параметры, входящие в неё;
- рассчитывает критическое значение плотности вещества во Вселенной;
- описывает сценарии эволюционного развития Вселенной в зависимости от критического значения плотности вещества в ней;
- оценивает радиус метагалактики;
- вычисляет возраст Вселенной, используя закон Хаббла.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, отношения к астрономии как к важной составляющей современной научной картины мира и культуры общества; самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, строить логическое рассуждение, устанавливать причинно-следственные связи, аргументировать свою позицию, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умений формулировать гипотезы, анализировать данные наблюдений, оценивать полученные результаты, формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник, тетрадь-практикум.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 34, 35, ответить на вопросы, задачи № 32, 33 на с. 130—131 учебника; задачник: № 8.2, 8.4.

Рекомендации методиста

Рекомендуем начать урок с обзора данных наблюдений, полученных в последние годы. Рубрика «Знаете ли вы, что...» на с. 125 учебника содержит информацию о наблюдениях, свидетельствующих о грандиозных масштабах Вселенной. Следует отметить, что границы наблюдаемой области Вселенной — метагалактики — увеличиваются по мере совершенствования наблюдательной техники и технологий наблюдения.

Объектом изучения космологии является Вселенная в целом. Основная задача космологии — построение такой космологической модели, которая, опираясь на физические теории, объясняла бы всю совокупность наблюдаемых фактов. В школьном курсе астрономии следует упомянуть лишь о нескольких из них, так как некоторые факты (например, барионная плотность, энтропия

Вселенной) выходят за рамки школьных курсов физики и астрономии и требуют специальной подготовки учащихся.

При разъяснении фотометрического парадокса, часто называемого парадоксом Ольберса, удобно использовать следующий наглядный пример (рис. 12). Если находиться в большом лесу в окружении деревьев, то, в какую бы сторону вы ни посмотрели, ваш взгляд обязательно наткнется на ствол какого-нибудь дерева. Сквозь стволы ничего другого увидеть не удастся.



Рис. 12. Иллюстрация парадокса Ольберса

На протяжении многих веков существовало представление о бесконечном мире звёзд. Но в таком случае наш взгляд при созерцании ясного неба всегда бы наткнулся на какую-либо звезду аналогично ситуации с деревьями в лесу. Небо было бы не просто белым, а ослепительным, как поверхность Солнца.

Ставим перед учащимися проблему: как объяснить, почему ночью небо тёмное? Разъяснение парадокса Ольберса заключается в конечности Вселенной, а следовательно, число звёзд в ночном небе также конечно, хотя и очень велико. К тому же звёзды распределены в пространстве неравномерно: вспоминаем о ячеистой структуре Вселенной (материал прошлого урока).

Общую теорию относительности (ОТО) учащиеся в школьном курсе физики не изучают. Те положения, которые требуются для построения модели Вселенной, приведены в учебнике (с. 127). Не следует углубляться в разъяснение положений ОТО, достаточно остановиться просто на их констатации.

При описании современной космологической модели следует опираться на имеющиеся данные наблюдений. Наблюдения указывают на расширение Вселенной. Следует спросить учащихся, какие именно факты, основанные на наблюдениях, приводят к выводу о расширении Вселенной (красное смещение линий в спектрах далёких галактик). Обсуждая расширение Вселенной, следует сосредоточить внимание учащихся на следующем:

1. Расширение не означает увеличения размеров всего, что существует во Вселенной. Расширение астрономических объектов (звёзд в процессе эволюции, туманностей и т. п.) вызвано причинами внутреннего, а не космологического характера.

2. Расширение Вселенной следует понимать как удаление друг от друга (и от нас) далёких объектов и их совокупностей: галактик, скоплений галактик, квазаров.

3. Наблюдаемое удаление от нас галактик и квазаров не означает, что Земля занимает особое место во Вселенной. Если бы мы смогли переместиться в другую галактику, то и из неё мы бы наблюдали удаление далёких галактик и квазаров.

4. Удаление далёких галактик друг от друга (и от нас) является следствием быстрого расширения той среды, из которой возникли галактики.

В учебнике приводится формула для вычисления критического значения средней плотности вещества. Следует обратить внимание учащихся, что это значение зависит от значения постоянной Хаббла, которое уточняется по мере совершенствования техники наблюдений.

Закон Хаббла, который был изучен в предыдущей теме, позволяет вычислить максимальное расстояние, до которого можно наблюдать небесные тела, т. е. радиус метagalaktiki, а также оценить возраст Вселенной.

Данный урок насыщен теоретическим материалом, довольно сложным для понимания учащимися. В заключение следует отметить, что космологическая модель отражает степень нашего понимания природы. По мере расширения и углубления наших знаний меняются модели. Можно провести аналогию с моделями атома, элементарных частиц, внутреннего строения звёзд и т. п.

Для закрепления изученного материала рассмотрим пример решения задачи 1 на с. 60 задачника.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопровождать мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решения задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Разбор решения задач (задачник)	Объяснение решения задачи	Анализирует условие, записывает данные, объясняет решение задачи, обсуждает с учениками основные пункты решения	Участвует в анализе условия задачи, записывает решение задачи в тетради, выделяет основные этапы решения
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 31. МОДЕЛЬ ГОРЯЧЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Задачи урока:

- познакомить с данными наблюдений, благодаря которым была создана модель горячей Вселенной;
- познакомить с теорией Большого взрыва;
- дать определение понятия «реликтовое излучение»;
- установить причины наличия реликтового излучения.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- демонстрирует знание сущности теории Большого взрыва;
- приводит примеры основанных на наблюдениях фактов, благодаря которым была создана модель горячей Вселенной;
- даёт определение реликтового излучения;
- объясняет причины наличия реликтового излучения.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию, осознанному выбору и построению дальнейшей индивидуальной траектории обучения.

Метапредметные: овладение навыками самостоятельного приобретения знаний, формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, формирование и развитие ИКТ-компетенций; приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, задачник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска), документ-камера, медиаобъекты.

Домашнее задание

Учебник: § 36, ответить на вопросы; задачник: разобрать решение задачи 2 на с. 57, № 7.15.

Рекомендации методиста

Урок начинаем с повторения пройденного. Предлагаем учащимся ответить на вопросы на с. 127 и 131 учебника, обсуждаем решение задач № 32, 33 учебника.

В процессе решения задачи № 32 учащиеся выяснили, что галактики стали образовываться во Вселенной, когда её возраст был около 650 млн лет. Что же происходило раньше?

Обсуждаем рисунок на с. 132 учебника. Обращаем внимание учащихся на то, что употреблять термины «начало», «возраст», «рождение Вселенной» некорректно. Согласно ОТО время не имеет абсолютного характера, оно неотделимо от материи, иными словами, время не может существовать без Вселенной. Именно поэтому на рисунке приводится термин «начало времени».

Рассказывая о реликтовом излучении, обращаем внимание учащихся на то, что оно было предсказано теоретически. Открытие микроволнового излучения в 1965 г. подтвердило правильность модели горячей Вселенной. Карта микроволнового излучения Вселенной приведена на с. 133.

Предлагаем учащимся решить задачу № 8.8 задачника.

В заключение беседы следует кратко познакомить учащихся с этапами развития космологической модели:

1. Модель однородной изотропной Вселенной, основана на законах Ньютона.
2. Модель нестационарной Вселенной, получена А. Фридманом (1922), на основе уравнений ОТО.
3. Модель горячей Вселенной, создана Г. Гамовым (40-е гг. XX в.).
4. Модель инфляционной Вселенной, разрабатывалась в трудах А. Д. Линде, А. А. Старобинского и др. (70-е гг. XX в.).
5. С 1998 г. рассматриваются модели с учётом ускоренного разбегания галактик под действием тёмной энергии.

Этапы развития представлений об эволюции Вселенной — лучшая иллюстрация того, что любая модель является приближённым отражением объективной реальности, соответствующим уровню наших знаний об окружающем мире. Современная космология — развивающаяся наука, которой предстоит найти ответы на множество вопросов.

Заканчиваем урок подведением итогов по теме и обсуждением вопросов, предложенных в учебнике (с. 134), и решения задач № 8.12, 8.13, 8.15.

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. На этапе самостоятельного решения задач ученики или учитель с помощью документ-камеры демонстрируют на экране решение задачи, объясняют его ход и анализируют полученные результаты. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Проверка усвоения материала прошлого урока (учебник, задачник)	Ответы на вопросы, обсуждение решения задач, заданных на дом	Организует повторение, задаёт вопросы, корректирует и дополняет ответы, проверяет решения задач	Отвечает на вопрос, аргументируя свою точку зрения, объясняет решения задач
Актуализация знаний (учебник, задачник)	Обсуждение решения задач	Задаёт вопросы, обращает внимание на важные детали; формулирует тему урока, задаёт задание на дом	Объясняет решения задач, принимает участие в обсуждении, формулирует выводы; записывает тему урока и задание на дом
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Решение задач (учебник, задачник)	Решение задачи в соответствии с примером	Помогает ученику в решении задачи, комментирует и дополняет этапы решения	Анализирует условие задачи, записывает данные, намечает план решения и реализует его
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ

Интеграционное пространство

Физика: закон всемирного тяготения, законы сохранения импульса, энергии, момента импульса, шкала электромагнитных волн, электродинамика, природа излучения, происхождение спектров и спектральный анализ; физика элементарных частиц; общая теория относительности.

Математика: преобразования формул и вычисления при решении задач, эллипс и его свойства.

Химия: химические элементы, взаимодействие химических элементов.

Интернет-ресурсы

Астронет — российская астрономическая сеть (научная информация по астрономии, глоссарий, библиотека астрономической литературы, фотогалерея космических объектов и т. п.) — <http://www.astronet.ru/>

Лекция профессора А. В. Засова «Тёмная материя во Вселенной: реальность или миф?» — <https://www.youtube.com/watch?v=7BZOloi1iXU>

Сергей Попов. Открытие гравитационных волн. Видеозапись лекции — https://elementy.ru/video/287/Otkrytie_gravitatsionnykh_voln

Как ищут планеты в обитаемой зоне, какие условия необходимы для формирования жизни и чем интересно открытие экзопланеты Проксима b — <https://postnauka.ru/faq/72216>

7 фактов о поисках жизни во Вселенной — <https://postnauka.ru/lists/77577>

Сергей Попов. Жизнь во Вселенной: экзопланеты, зона обитаемости и биомаркеры. Видеозапись лекции — https://elementy.ru/video/277/Zhizn_vo_Vselennoy_ekzoplanety_zona_obitaemosti_i_biomarkery

Владимир Сурдин. Поиски жизни на близких и далёких планетах. Видеозапись лекции — https://elementy.ru/video/169/Poiski_zhizni_na_blyzkiykh_i_dalekiykh_planetakh

Информационные ресурсы

Учебно-методический комплекс: учебник (с. 135—142), задачник (с. 62—67), тетрадь-практикум (с. 30—32).

Дополнительные ресурсы

1. Кондакова Е. В., Клыков Д. Ю. Астрономия. Методические рекомендации по проведению практических работ. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень. — М.: Просвещение, 2018. — <http://www.spheres.ru/physics/about/224/2757>

2. Левитан Е. П. Методика преподавания астрономии в средней школе. — М.: Просвещение, 1965.

3. Методика преподавания астрономии в средней школе: Пособие для учителя / Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, А. В. Засов и др. — М.: Просвещение, 1985.

4. Сурдин В. Г. Астрономия: век XXI. — Фрязино: Век 2, 2007.

5. Татарников А. М., Угольников О. С., Фадеев Е. Н. Астрономия. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2018.

6. Черпащук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, чёрные дыры. — Фрязино: Век 2, 2003.

7. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1976.

8. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия [Текст] / Гл. ред. М. Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997.

Цели:

— познакомить с современными проблемами астрономии и методами их решения;

— познакомить со свойствами тёмной материи и тёмной энергии;

- установить влияние тёмной энергии на скорость расширения Вселенной;
- познакомить с методами обнаружения экзопланет;
- установить, какие наблюдения могут указывать на наличие жизни на поверхности экзопланеты;
- познакомить с методами поиска жизни и внеземных цивилизаций во Вселенной.

Формы организации учебной деятельности

Фронтальная работа учителя с классом, демонстрации с использованием мультимедиасредств, выполнение учениками индивидуальных заданий с использованием учебно-методического комплекса, работа в малых группах, лабораторная работа.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- перечисляет основные современные проблемы астрономии;
- имеет представление о методах решения некоторых проблем астрономии;
- приводит факты, свидетельствующие о существовании тёмной материи и тёмной энергии;
- приводит факты, свидетельствующие о влиянии тёмной энергии на скорость расширения Вселенной;
- формулирует определение экзопланеты;
- знает, какие методы используют для обнаружения экзопланет;
- приводит примеры наблюдений, с помощью которых можно установить наличие жизни на поверхности экзопланет;
- знает методы поиска жизни и внеземных цивилизаций во Вселенной;
- использует формулу Дрейка для определения числа цивилизаций в Галактике.

УРОК 32. УСКОРЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ. ОБНАРУЖЕНИЕ ПЛАНЕТ ВОЗЛЕ ДРУГИХ ЗВЁЗД

Задачи урока:

- познакомить с проблемами установления свойств и природы тёмной материи;
- познакомить с открытием ускоренного расширения Вселенной и гипотезами, объясняющими этот эффект;
- дать определение экзопланеты;
- познакомить с методами поиска экзопланет;
- по снимкам экзопланет определить радиусы их орбит, вычислить температуру поверхности экзопланет;
- оценить возможность наличия жизни земного типа на рассматриваемых экзопланетах.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- приводит факты, свидетельствующие о существовании тёмной материи и тёмной энергии;
- приводит факты, свидетельствующие о влиянии тёмной энергии на скорость расширения Вселенной;
- формулирует определение экзопланеты;
- перечисляет и объясняет методы, используемые для обнаружения экзопланет;

- приводит примеры наблюдений, с помощью которых можно установить наличие жизни на поверхности экзопланет;
- использует закон Стефана—Больцмана для определения температуры планеты.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование убеждённости в познаваемости Вселенной, в необходимости разумного использования достижений науки для дальнейшего развития цивилизации, научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений, коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками.

Метапредметные: формирование умений воспринимать, перерабатывать и представлять информацию в словесной, образной, символической формах, анализировать и перерабатывать полученную информацию в соответствии с поставленными задачами, соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результатов.

Предметные: овладение научным подходом к решению различных задач, формирование умения оценивать полученные результаты, целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной.

Ресурсы урока

Основные: учебник, тетрадь-практикум, задачник.

Оборудование для выполнения лабораторной работы: снимки экзопланет, карандаш, линейка с миллиметровыми делениями, калькулятор.

Домашнее задание

Учебник: § 37, 38, ответить на вопросы; задачник: разобрать решение задачи 1 на с. 64, № 9.1, 9.9, 9.11.

Рекомендации методиста

Так как урок насыщен теоретическим материалом и включает лабораторную работу, начинаем его с беседы. Предлагаем учащимся вспомнить, какие данные наблюдений привели к выводу о существовании тёмной материи (рис. а на с. 119 учебника). Следует отметить, что природа тёмной материи достоверно не установлена. Наиболее вероятными кандидатами в составляющие тёмной материи являются слабовзаимодействующие массивные частицы — *WIMPs*. Подробно и понятно о тёмной материи рассказывает А. В. Засов в своей лекции «Тёмная материя во Вселенной: реальность или миф?».

Следует остановиться на наблюдениях, которые привели к выводу о существовании тёмной энергии, но не увлекаться обсуждением гипотез, объясняющих её природу. В изучении этого феномена пока больше вопросов, чем ответов. Материала учебника вполне достаточно для того, чтобы сформировать представление о тёмной материи и её проявлениях.

Так как выполнение лабораторной работы требует довольно много времени, рекомендуем материал § 38 оставить для самостоятельного изучения дома. Определение экзопланеты приводится в тетради-практикуме. Там же вводится понятие «зона обитаемости».

Для выполнения работы учащимся необходимо вспомнить определение абсолютной звёздной величины и формулу для её вычисления, формулу закона Стефана—Больцмана.

Перед выполнением заданий обязательно нужно ознакомиться с дополнительными сведениями, где приводится описание одного из методов определения температуры экзопланеты. С тепловым излучением учащиеся знакомятся в курсе физики, но понятие «чёрное тело» может быть им незнакомо.

Чёрное тело (правильнее — абсолютно чёрное тело) — это физическая абстракция (модель). Его свойства: чёрное тело поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах; ничего не отражает; может излучать электромагнитные волны любой частоты; спектр излучения чёрного тела определяется только его температурой.

Мощность излучения абсолютно чёрного тела определяется по закону Стефана—Больцмана (с. 83 учебника).

Из наблюдений установлено, что излучение звёзд по своим характеристикам близко к излучению абсолютно чёрного тела, что позволяет определять температуру звезды, если известна её светимость (и наоборот).

Ход работы достаточно подробно описан в тетради-практикуме. Рекомендуем организовать малые группы учащихся (2—4 человека) для выполнения работы. Так как вычисления довольно сложные, можно заранее подготовить таблицу и ввести формулы (например, в электронной таблице Excel).

При обсуждении результатов выполнения работы следует остановиться на двух моментах.

1. Наша оценка температур планет была сделана на основании предположения, что планеты не имеют собственных источников энергии. В рассматриваемой системе звезды HR 8799 это не так. Действительные температуры планет невозможно определить по имеющимся данным. Тем не менее проведённые вычисления температуры не являются бессмысленными: они позволяют оценить нижнюю границу температуры. Определённые в работе температуры планет являются слишком низкими, чтобы на этих планетах могла возникнуть жизнь.

2. В рассмотренной планетной системе четыре планеты видны непосредственно. Они удалены от звезды: ближайшая — на 15 а. е., наиболее дальняя — на 66 а. е. Тот факт, что мы можем наблюдать планеты непосредственно (на снимках), позволяет сделать вывод: эти планеты должны быть либо очень большими, либо очень горячими, либо большими и горячими одновременно (что и реализуется в этом случае). Таким образом, из возможности прямого наблюдения экзопланет следует вывод о невозможности возникновения на них жизни земного типа.

Заканчиваем урок обсуждением ответов на вопросы (тетрадь-практикум, с. 32).

Применение информационных технологий

Урок полезно сопроводить мультимедийной презентацией, демонстрацией медиаобъектов. В процессе выполнения лабораторной работы ученики могут использовать подготовленные заранее таблицы Microsoft Excel или подобные, которые ускоряют выполнение расчётов. На всех этапах урока ученики могут использовать ресурсы Интернета.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Изучение нового материала (учебник, мультимедийная презентация)	Беседа	Использует мультимедийную презентацию, формулирует определения, обращает внимание на важные детали, делает записи на доске	Слушает объяснение учителя, участвует в обсуждении, записывает определения и выводы в тетради
Выполнение лабораторной работы (тетрадь-практикум)	Выполнение лабораторной работы, оформление результатов	Организует выполнение лабораторной работы, оказывает помощь при возникновении затруднений	Выполняет задания в тетради-практикуме, отвечает на вопросы для закрепления материала, задаёт вопросы учителю
Подведение итогов урока (учебник, задачник, мультимедийная презентация)	Обобщение изученного материала, оценка работы учащихся	Предлагает вопросы для обсуждения, подводит итоги	Принимает участие в обсуждении, оценивает ответы одноклассников, свою работу

УРОК 33. ПОИСК ЖИЗНИ И РАЗУМА ВО ВСЕЛЕННОЙ**Задачи урока:**

- познакомить с методами поиска жизни и внеземных цивилизаций во Вселенной;
- обсудить вероятность обнаружения внеземной цивилизации;
- продолжить формирование умений работать с информацией: находить необходимые сведения, составлять доклад, выступать с сообщением, аргументированно отстаивать свою точку зрения.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- знает методы поиска жизни и внеземных цивилизаций во Вселенной;
- использует формулу Дрейка для определения числа цивилизаций в Галактике;
- готовит доклад по заданной теме с использованием мультимедийной презентации, выступает с сообщением на уроке.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование самостоятельности в приобретении новых знаний и практических умений; ответственного отношения к учению; коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками; ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию.

Метапредметные: приобретение опыта самостоятельного поиска, анализа и отбора информации с использованием различных источников; развитие монологической и диалогической речи, умения выражать свои мысли и способности выслушивать собеседника; формирование и развитие компетентностей в области использования ИКТ.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной; формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: учебник.

Демонстрационное оборудование: ПК и мультимедиапроектор (или интерактивная доска).

Домашнее задание

Подготовиться к контрольной работе по всему курсу (рубрика «Подведём итоги» в конце каждой главы учебника).

Рекомендации методиста

Рекомендуем организовать урок в форме научной конференции по теме «Поиск жизни и разума во Вселенной». Ученики класса делятся на группы, каждая из которых самостоятельно готовит доклад по выбранной теме. О проведении урока-конференции следует сообщить заранее, за 1–2 недели до его проведения. Каждая группа самостоятельно формулирует тему доклада, но в обязательном порядке обсуждает эту тему с учителем.

Заранее следует разработать и сообщить учащимся требования к докладу и критерии оценки. Следует также заранее обговорить время, отводимое на презентацию доклада, требования к его презентации. Посоветуйте учащимся в конце презентации сообщить о вкладе каждого члена группы: сбор материала, подготовка мультимедийной презентации, выступление с докладом и т. п.

Для оценивания выступления учащихся можно сформировать жюри, для участия в работе которого пригласить завуча, свободных от занятий учителей, учеников параллельных классов.

Применение информационных технологий

При подготовке доклада ученики используют ресурсы Интернета. Выступление на уроке сопровождается показом мультимедийной презентации, демонстрацией медиаобъектов.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Организационная часть	Вводное слово учителя	Сообщает ученикам последовательность выступлений, ставит задачи слушателям	Готовится к выступлению, проверяет презентационные материалы

Продолжение

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Выступления учеников	Доклады групп учеников	Выслушивает учеников, задаёт дополнительные вопросы, организует обсуждение	Выступает с докладом, отвечает на дополнительные вопросы учителя и учеников
Обсуждение выступлений (презентаций учеников)	Обсуждение докладов слушателями и учителем	Контролирует ход обсуждения, задаёт дополнительные вопросы	Дополняет выступления, задаёт дополнительные вопросы
Подведение итогов урока	Оценка выступлений и выбор лучшего доклада	Оценивает выступления, учитывая мнение учащихся и жюри	Даёт краткую письменную характеристику докладов для учителя

УРОК 34. ИТОГОВАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задачи урока:

- повторить изученный материал;
- продолжить формирование умений самостоятельно применять усвоенные знания о Вселенной, её объектах, об их свойствах для объяснения физических и астрономических явлений, решения задач;
- оценить уровень усвоения учениками материала тем, сформированность умений применять имеющиеся знания для объяснения астрономических явлений и решения задач.

Планируемые результаты обучения учащегося:

- демонстрирует знание изученного материала;
- демонстрирует умение применять имеющиеся знания для объяснения физических и астрономических явлений и решения задач.

Достижимые результаты обучения

Личностные: формирование ответственного отношения к учению, готовности и способности учащихся к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к учению и познанию.

Метапредметные: формирование умений применять знания для объяснения наблюдаемых явлений и процессов, самостоятельно планировать пути достижения целей, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач.

Предметные: формирование целостной научной картины мира, представлений о познаваемости мира и об объективности научного знания; понимание физической сущности наблюдаемых астрономических явлений, влияния космоса на Землю и жизнь людей; осознание связи между уровнем развития науки и техники и современными представлениями о Вселенной; формирование научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики.

Ресурсы урока

Основные: тесты; карточки с дополнительными заданиями.

Рекомендации методиста

Учитель самостоятельно определяет объём материала, знание которого проверяется итоговой контрольной работой. Можно ограничиться темами 5–9, так как на уроке 16 была проведена контрольная работа по темам 1–4.

Для подготовки контрольной работы в виде теста воспользуйтесь дополнительными ресурсами: [5], курсом лекций по методике преподавания астрономии А. Ю. Румянцева — <http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/index.html>, материалами с сайта Стеллария.

Во время проведения инструктажа необходимо обратить внимание учеников на самостоятельность выполнения работы и правила работы с тестовыми заданиями.

Желательно не ограничиваться только тестовыми заданиями, а предложить учащимся задачи, подобные тем, которые они решали на уроках и при выполнении домашних заданий. Выбор задач определяется учителем.

Анализ основных ошибок, которые допустили ученики во время выполнения работы, необходимо провести на дополнительном занятии.

Технологическая карта урока

Этап урока (ресурсы)	Содержание этапа	Деятельность	
		учителя	ученика
Подготовка к выполнению контрольной работы	Инструктаж с учащимися по правилам работы с тестом и задачами, правилам поведения	Проводит инструктаж, проверяет готовность учеников к работе	Проверяет наличие необходимых принадлежностей, знакомится с правилами работы с тестом и задачами
Выполнение контрольной работы (тесты; карточки с дополнительными заданиями)	Выполнение учениками контрольной работы	Следит за работой класса, помогает ученикам в случае затруднений	Самостоятельно выполняет задания контрольной работы
Анализ результатов контрольной работы (тесты; карточки с дополнительными заданиями)	Разбор с классом результатов контрольной работы	Знакомит учеников с основными ошибками, допущенными в работе	Объясняет причины ошибок, выполняет решение аналогичных задач

Возможен альтернативный вариант проведения последнего урока астрономии — урок-конференция «Что мы знаем о Вселенной». Его можно провести аналогично уроку 33.