



корпорация

российский
учебник

УМК «Астрономия»

Базовый уровень

11 класс

Авторский коллектив

Б.А. Воронцов – Вельяминов, Е.К. Страут





<https://www.youtube.com/watch?v=KVkBeffmNqk>

**С 1 сентября 2017 года астрономия
становится обязательным учебным предметом**

Нормативные документы

Приказ Минобрнауки №506 от 7.06.2017
«О внесении изменений в ФК ГОС»

Приказ Минобрнауки №253 от 31.03.2014 (редакция от 20.06.2017 г)
«Об утверждении федерального перечня учебников»

Письмо Минобрнауки №ТС194/08 от 20.06.2017
«Об организации изучения учебного предмета «Астрономия»

Вебинар (Минобрнауки, РАО, АПКППРО) от 26.06.2017
«Организационные вопросы внедрения дисциплины «Астрономия»

Приказ Минобрнауки №613 от 29.06.2017
«О внесении изменений в ФГОС СОО»

Основные положения

Астрономия – обязательный учебный предмет для старшеклассников

Начало преподавания астрономии – 2017 либо 2018 г по мере готовности школ

По усмотрению школы преподавание астрономии возможно:

- в 11 классе весь год
- в 11 классе одно полугодие
- по пол года в 10 и 11 классах

Школы самостоятельно перераспределяют часы учебного плана для преподавания астрономии без ущерба для других предметов

Астрономическая составляющая в курсе физики остаётся в прежнем объёме

С 2019 г – задания по астрономии будут включены в КИМ ЕГЭ по физике

Учителям, которые будут преподавать астрономию, рекомендуется пройти курсы повышения квалификации

Письмо Минобрнауки №ТС194/08 от 20.06.2017

При изучении астрономии может быть использован учебник «Астрономия. Базовый уровень». 11 класс, Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К., ДРОФА, включенный, в федеральный перечень учебников, рекомендуемых к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования (приказ Минобрнауки России от 31 марта 2014 г. № 253), а также учебные пособия, изданные в организациях, осуществляющих выпуск учебных пособий, которые допускаются к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования (приказ Минобрнауки России от 9 июня 2016 г. № 699).

**Учебник рекомендован
Министерством
образования и науки РФ и
включен в Федеральный перечень**

➤ Единственный учебник по астрономии, который неизменно входит в федеральный перечень (номер в действующем ФП 2.3.2.4.1.1)

➤ Полностью соответствует новым требованиям ФГОС и ФК ГОС

➤ Учебник классический по структуре, современный по содержанию



Состав УМК

Астрономия 11 Базовый уровень

- ✓ Учебник
- ✓ Рабочая программа
- ✓ Методическое пособие
- ✓ Электронная форма учебника



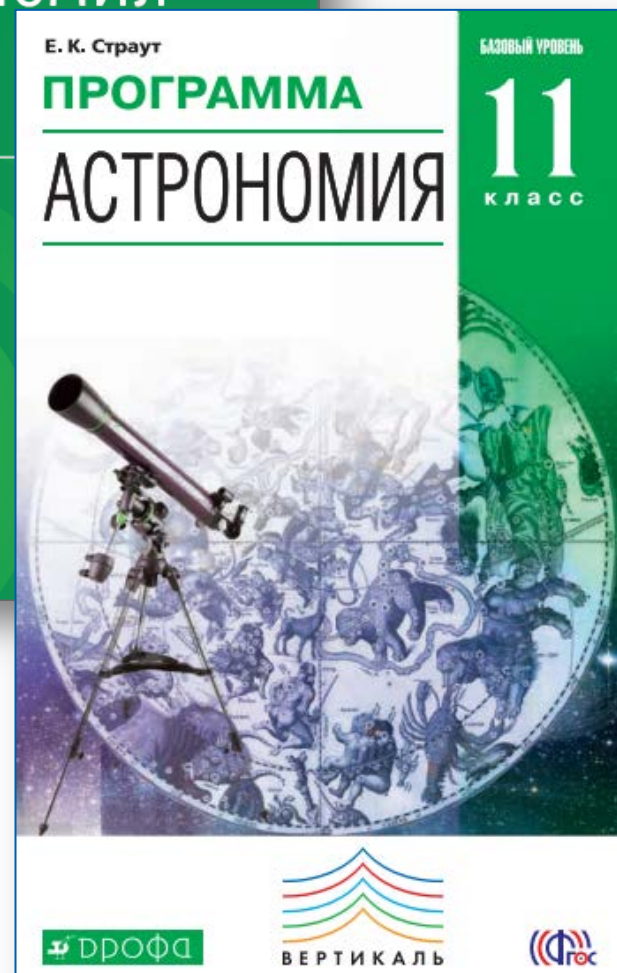
Рабочие программы

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Планируемые результаты освоения курса	4
Содержание курса	19
Тематическое планирование	21
Приложения	35
Учебно-методическое обеспечение	35
Материально-техническое обеспечение	35
Список наглядных пособий	35
Рекомендации по работе с электронной формой учебника и формированию ИКТ-компетентности ученика	36

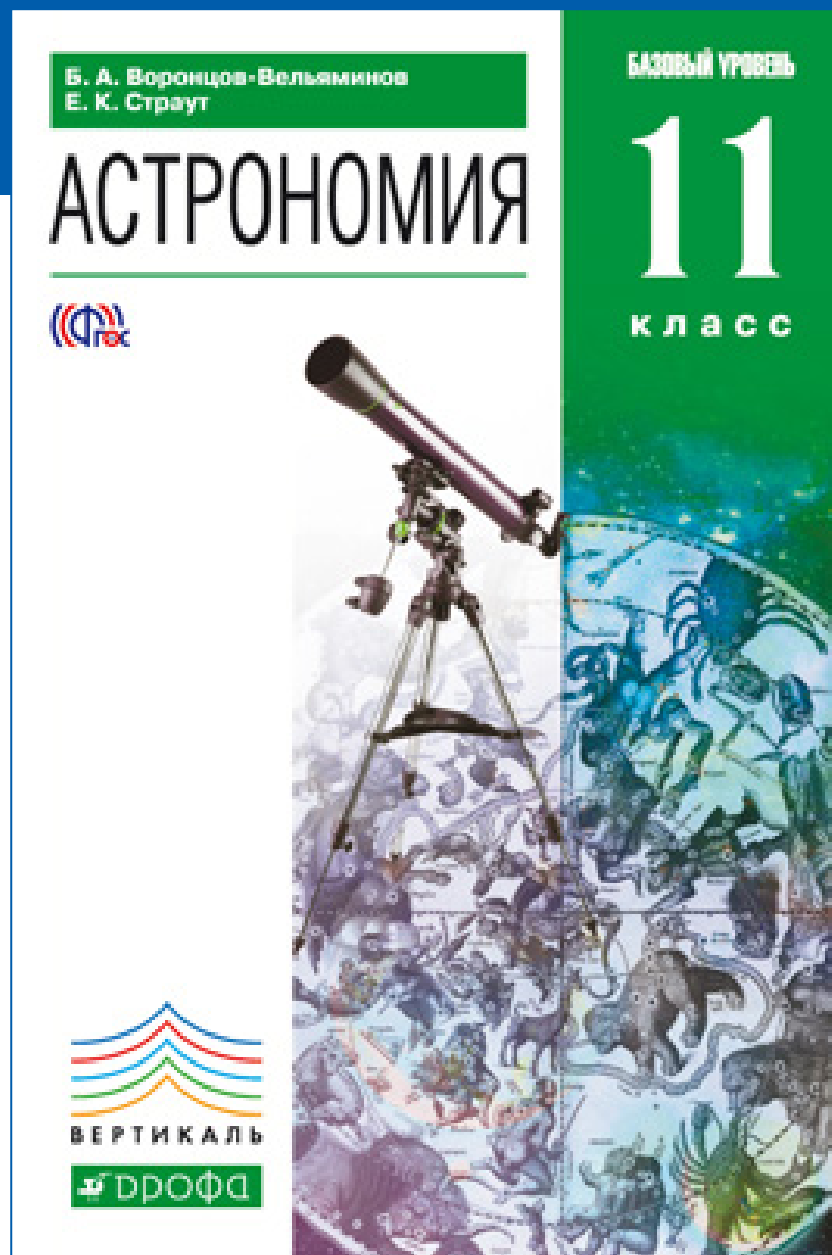
в свободном доступе на сайте

<http://www.drofa-ventana.ru/>



Учебник

1. Введение
2. Практические основы астрономии
3. Строение Солнечной системы
4. Природа тел Солнечной системы
5. Солнце и звёзды
6. Строение и эволюция Вселенной
7. Приложения
8. Ответы к задачам



✚ В начале главы
закладывается проблематика

✚ Параграфы разделены на
пункты, каждый из которых
имеет номер и название



III. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнечная система — это прежде всего Солнце и восемь больших планет, к числу которых относится и Земля.

Кроме больших планет со спутниками, вокруг Солнца обращаются карликовые (малые) планеты, которые по диаметру меньше Луны, и огромное число малых тел Солнечной системы. Даже наиболее крупные из них не превышают по размеру 1000 км, а ядра самых заметных комет — ещё меньше. Вокруг Солнца движутся также тела размером в десятки и сотни метров, глыбы и камни, множество мелких камешков и пылинок. Чем меньше размеры этих частиц, тем их больше. Межпланетная среда — это крайне разреженный газ, состояние которого определяется излучением Солнца и растекающимися от него потоками вещества.

Движением всех больших и малых тел Солнечной системы управляет Солнце, масса которого в 333 тыс. раз превышает массу Земли и в 750 раз суммарную массу всех планет.

§ 10. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ МИРА

1. Геоцентрическая система мира

Путь к пониманию положения нашей планеты и живущего на ней человечества во Вселенной был очень непростым и подчас весьма драматичным. В древности было естественным считать, что Земля является неподвижной, плоской и находится в центре мира. Казалось, что вообще весь мир создан ради человека. Подобные представления получили название *антропоцентризма* (от греч. *antropos* — человек).

Вот что писал Кеплер после открытия этого закона: «То, что 16 лет тому назад я решил искать, <...> наконец найдено, и это открытие превзошло все мои самые смелые ожидания...»

Действительно, третий закон заслуживает самой высокой оценки. Ведь он позволяет вычислить относительные расстояния планет от Солнца, используя при этом уже известные периоды их обращения вокруг Солнца. Не нужно определять расстояние от Солнца каждой из них, достаточно измерить расстояние от Солнца хотя бы одной планеты. Величина большой полуоси земной орбиты — *астрономическая единица* (а. е.) — стала основой для вычисления всех остальных расстояний в Солнечной системе.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось её орбиты?

Дано:

$$S = 2 \text{ г.}$$

$$T_1 = 1 \text{ г.}$$

$$a_1 = 1 \text{ а. е.}$$

$$a_2 = ?$$

Решение:

Большую полуось орбиты планеты можно определить из третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad a_2^3 = \frac{a_1^3 T_2^2}{T_1^2}$$

Формула

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

используется для вычисления её звёздного периода:

$$T_2 = \frac{T_1 S}{S - T_1}, \quad T_2 = \frac{2}{2 - 1} = 2 \text{ г.}$$

$$\text{Тогда } a_2 = \sqrt[3]{2^2} \approx 1,59 \text{ а. е.}$$

Ответ: $a_2 = 1,59 \text{ а. е.}$



ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте законы Кеплера.
2. Как меняется скорость планеты при её перемещении от афелия к перигелию?
3. В какой точке орбиты планета обладает максимальной кинетической энергией; максимальной потенциальной энергией?



УПРАЖНЕНИЕ 10

1. Марс в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Какова продолжительность года на Марсе? Орбиты планет считать круговыми.
2. Синодический период малой планеты 500 суток. Определите большую полуось её орбиты и звёздный период обращения.



ЗАДАНИЕ 12

Выполнение этого задания позволит узнать, как располагаются планеты на орбитах в настоящее время, и научиться самостоятельно отыскивать их на небе.

- 1) Нарисуйте в своей тетради орбиты четырёх ближайших к Солнцу планет: Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Для того чтобы наибольшая из орбит — орбита Марса — уместилась на листе тетради, следует выбрать масштаб, при котором 1 см соответствует 30 млн км (1 : 3 000 000 000 000). Рассчитайте размеры орбит планет и с помощью циркуля проведите окружности соответствующего радиуса. Необходимые данные возьмите из приложения VI.

- 2) Используйте данные таблицы гелиоцентрических долгот¹ планет из «Школьного астрономического календаря» для ответа на следующие вопросы:

- а) У какой планеты: Меркурия, Венеры, Земли или Марса — эксцентриситет орбиты наибольший?
- б) На какие (примерно) даты приходится прохождения Меркурия через перигелий; через афелий?
- в) Найдите в таблице даты, на которые приходится соединения планет с Солнцем, а также их противостояний.

- 3) Пользуясь таблицей гелиоцентрических долгот планет, на орбите каждой планеты отметьте её положения в сентябре — декабре текущего года. Для этого проведите из центра орбит в произвольном направлении луч, который будет указывать направление на точку весеннего равноденствия. От этого луча на каждой орбите в направлении, противоположном движению часовой стрелки, отложите дуги, соответствующие гелиоцентрической долготе данной планеты, и отметьте эти положения.

Для того чтобы узнать, где по отношению к Солнцу располагается на небе та или иная планета, ориентируйте нарисован-

¹ Гелиоцентрической долготой называется угол при центре (Солнце) между направлениями на точку весеннего равноденствия и на планету.

Указания к астрономическим наблюдениям

IX. Указания к наблюдениям

Наблюдения Солнца

При наблюдении Солнца с помощью телескопа целесообразно спроектировать его изображение на экран. Экран должен быть прикреплён к телескопу так, чтобы можно было менять его расстояние от окуляра и фиксировать в этом положении; на экране закрепляют листы бумаги для зарисовки солнечных пятен.

Внимание! Смотреть на Солнце в телескоп можно лишь при наличии тёмного фильтра на объективе.

При использовании телескопа-рефрактора следует на объектив поставить диафрагму, которая сократит его входное отверстие в 2—3 раза. Для получения изображения всего диска Солнца необходимо использовать окуляр, с которым данный телескоп даёт увеличение не более 40—60 раз. Целесообразно также использовать окуляр такой конструкции, при которой лучи отводятся на экран перпендикулярно направлению на Солнце. Это позволит избежать попадания на экран солнечных лучей. Если такого окуляра нет, то на трубе телескопа желательно разместить защитный экран размером примерно 70×70 см. Для зарисовки солнечных пятен следует на листах бумаги заранее приготовить шаблоны — круги диаметром 7—10 см.

Наведя телескоп на Солнце и обеспечив необходимую резкость изображения, надо закрепить экран в положении, при котором диаметр изображения Солнца равен диаметру заготовленного на бумаге шаблона.

Остро отточенным карандашом отмечается положение всех наблюдаемых в данный момент пятен. Сняв полученную зарисовку с экрана, можно дорисовать размеры пятен и очертания тени и полутени. Чтобы убедиться в том, что Солнце вращается вокруг оси, достаточно повторить зарисовку положения пятен через два-три дня. Стоит обратить внимание на то, как изменяется форма пятен по мере их приближения к краю диска Солнца. Для изучения строения пятна используют тот окуляр, с которым данный телескоп обеспечивает максимально возможное увеличение.

Регулярные зарисовки пятен позволяют получить значение числа Вольфа, которое широко используется для характеристики солнечной активности: $W = 10g + f$, где g — число групп пятен, а f — общее число пятен во всех группах. При полном отсутствии пятен в период минимума солнечной активности $W = 0$. Во время её максимума число Вольфа может достигать 180.

Проектная деятельность

XI. Нобелевские премии по физике, присуждённые за исследования по астрофизике и космологии

1967 г. Х. Бёте — за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звёзд.

1974 г. М. Райл — за новаторские исследования в радиоастрофизике (интерферометрические); Э. Хьюиш — за открытие пульсаров, которое проложило путь к новым методам исследования вещества в экстремальных физических условиях.

1978 г. А. Пензиас и Р. Вильсон — за исключительную настойчивость и филигранное мастерство, которые привели к открытию, позволившему внедрить экспериментальные методы и прямое наблюдение в такую науку, как космология.

1983 г. У. Фаулер — за теоретические и экспериментальные исследования ядерных реакций, имеющих важное значение для образования химических элементов Вселенной; С. Чандрасекар — за теоретические исследования физических процессов, играющих важную роль в строении и эволюции звёзд.

1993 г. Р. Халс и Дж. Тейлор — за открытие нового типа пульсара, которое дало новые возможности для исследования гравитации.

2002 г. Реймонд Дэвис и Масатоши Кошиба — за изыскания в области астрофизики, в частности за обнаружение космических нейтрино; Рикардо Жиаккони — за изыскания в области астрофизики, которые привели к открытию источников рентгеновского излучения.

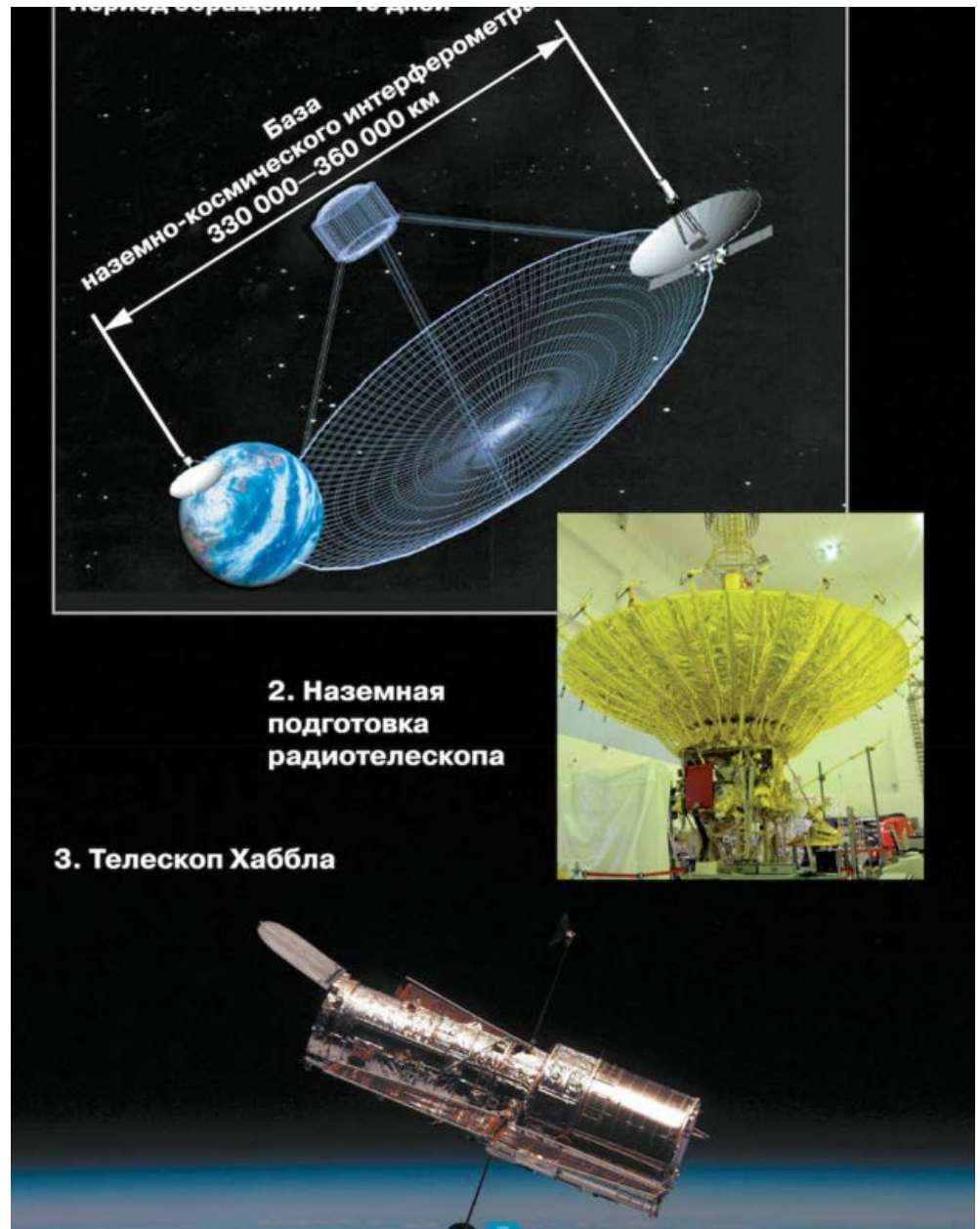
2006 г. Джон Мазер и Джордж Смут — за открытие планковской формы спектра космического фонового излучения и анизотропии космического фонового излучения.

2011 г. Сол Перлмуттер, Адам Райесс и Брайан Шмидт — за открытие ускоренного расширения Вселенной по наблюдениям сверхновых.

XII. Список исследовательских проектов

1. Конструирование и установка глобуса Набокова.
2. Определение высоты гор на Луне по способу Галилея.
3. Определение условий видимости планет в текущем учебном году.
4. Наблюдение солнечных пятен с помощью камеры-обскуры.

Цветные иллюстрации



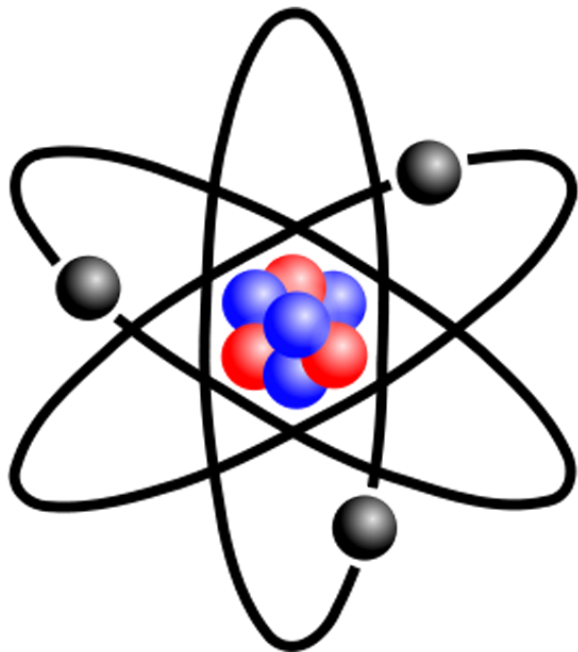
Соответствие требований ФК ГОС к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по астрономии и содержания учебника

Требования ФК ГОС	Глава учебника
Предмет астрономии	1. Введение
Основы практической астрономии	2. Практические основы астрономии
Законы движения небесных тел	3. Строение Солнечной системы
Солнечная система	3. Строение Солнечной системы 4. Природа тел Солнечной системы
Методы астрономических исследований	1. Введение 5. Солнце и звёзды
Звёзды	5. Солнце и звёзды
Наша Галактика – Млечный Путь	6. Строение и эволюция Вселенной
Галактики. Строение и эволюция Вселенной	6. Строение и эволюция Вселенной

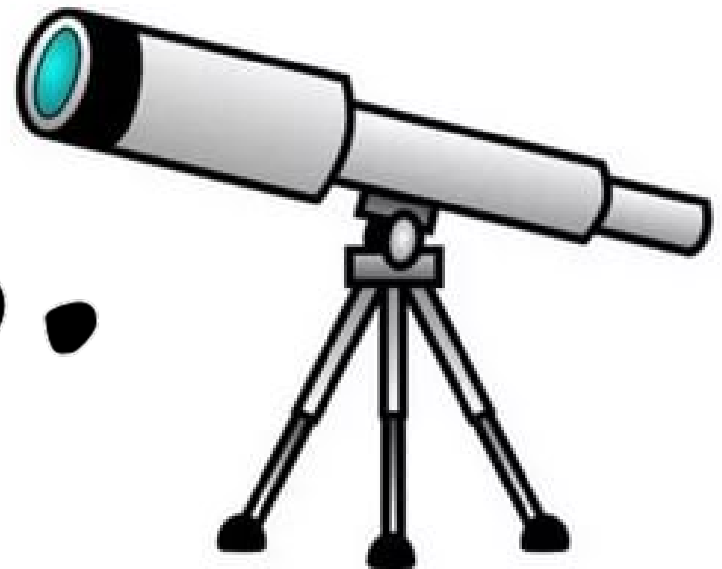
Выдержка из требований ФК ГОС к обязательному минимуму содержания основной образовательной программе по физике (базовый и профильный уровни)

- Солнечная система
- Звезды и источники их энергии
- Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд
- Наша Галактика. Другие галактики
- Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной
- Применимость законов физики для объяснения природы космических объектов
- Наблюдение и описание движения небесных тел.
- "Красное смещение" в спектрах галактик
- Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной.
- Компьютерное моделирование движения небесных тел

Сравним программы по физике и астрономии



vs.



Предмет астрономии

Астрономия	Физика
Роль астрономии в развитии цивилизации	✗
Эволюция взглядов человека на Вселенную	✗
Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы	✓
Особенности методов познания в астрономии	✗
Практическое применение астрономических исследований	✗
История развития отечественной космонавтики	✗
Первый ИСЗ, полёт Ю.А. Гагарина	✓
Достижения современной космонавтики	✗








Основы практической астрономии

Астрономия	Физика
Небесная сфера, особые точки небесной сферы, небесные координаты	
Звёздная карта, созвездия	
Видимая звёздная величина	
Суточное движение светил	
Связь видимого расположения объектов на небе и географических координат наблюдателя	
Движение Земли вокруг Солнца	
Видимое движение и фазы Луны	
Солнечные и лунные затмения	
Время и календарь	

Законы движения небесных тел

Астрономия	Физика
Структура и масштабы Солнечной системы	
Конфигурация и условия видимости планет	
Методы определения расстояний до тел Солнечной системы и их размеров	
Небесная механика	
Законы Кеплера	
Определение масс небесных тел	
Движение искусственных небесных тел	

Солнечная система

Астрономия	Физика
Происхождение Солнечной системы	
Система Земля – Луна	
Планеты земной группы	
Планеты-гиганты	
Спутники и кольца планет	
Малые тела Солнечной системы	
Астероидная опасность	

Методы астрономических исследований

Астрономия	Физика
Электромагнитное излучение, космические лучи и гравитационные волны как источник информации о природе и свойствах небесных тел	
Наземные и космические телескопы, принципы их работы	
Космические аппараты	
Спектральный анализ	
Эффект Доплера	
Закон смещения Вина	
Закон Стефана-Больцмана	






Звёзды

Астрономия	Физика
Звёзды: основные физико-химические характеристики и их взаимная связь	
Разнообразие звёздных характеристик и их закономерности	
Определение расстояния до звёзд, параллакс	
Двойные и кратные звёзды	
Внесолнечные планеты	
Проблема существования жизни во Вселенной	
Внутреннее строение и источники энергии звёзд	
Происхождение химических элементов	

Звёзды

Астрономия	Физика
Переменные и вспыхивающие звёзды	✗
Коричневые карлики	✗
Эволюция звёзд, её этапы и конечные стадии	✓
Строение Солнца, солнечной атмосферы	✓
Проявления солнечной активности: пятна, вспышки, протуберанцы	✓
Периодичности солнечной активности	✓
Роль магнитных полей на Солнце	✗
Солнечно-земные связи	✗

Наша Галактика – Млечный Путь

Астрономия	Физика
Состав и структура Галактики	
Звёздные скопления	
Межзвёздный газ и пыль	
Вращение Галактики	
Тёмная материя	

Галактики. Строение и эволюция Вселенной

Астрономия	Физика
Открытие других галактик	✗
Многообразие галактик и их основные характеристики	✓
Сверхмассивные чёрные дыры и активность галактик	✓
Представление о космологии	✓
Красное смещение	✓
Закон Хаббла	✓
Эволюция Вселенной	✓
Большой Взрыв	✓
Реликтовое излучение	✗
Тёмная энергия	✗

Соответствие учебника
требованиям ФГОС

Личностные результаты.

Навыки учебно-исследовательской, проектной деятельности

мент будут находиться над горизонтом. На самом контуре выреза, между его точками Ю, В и С, расположатся звёзды, которые восходят в этот момент, а между точками Ю, З и С — звёзды, которые заходят. Закрытые накладным кругом звёзды в этот момент находятся под горизонтом.

Чтобы можно было определять время восхода и захода других светил (Солнца или планеты), нужно предварительно нанести их положение на карту. Узнать положение Солнца несложно. Для этого достаточно приложить линейку к Северному полюсу мира и штриху заданной даты. Точка пересечения линейки с эклипкой покажет положение Солнца на эту дату. Для определения приближённого положения планет достаточно знать только одну их координату — прямое восхождение. Поскольку любая планета всегда находится недалеко от эклиптики, можно отметить её положение на эклиптике в точке, прямое восхождение которой равно прямому восхождению планеты на выбранную дату.

Для определения момента восхода выбранного светила следует повернуть накладной круг так, чтобы оно находилось на восточной дуге внутреннего выреза этого круга (ЮВС). При определении момента захода светило должно находиться на западной дуге выреза (ЮЗС). Момент восхода (или захода) в этом случае указывает на деление шкалы времени на внешней окружности накладного круга, которое находится против выбранной даты на карте.

XI. Нобелевские премии по физике, присуждённые за исследования по астрофизике и космологии

1967 г. Х. Бёте — за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звёзд.

1974 г. М. Райл — за новаторские исследования в радиоастрофизике (интерферометрические); Э. Хьюиш — за открытие пульсаров, которое проложило путь к новым методам исследования вещества в экстремальных физических условиях.

1978 г. А. Пензиас и Р. Вильсон — за исключительную настойчивость и филигранное мастерство, которые привели к открытию, позволившему внедрить экспериментальные методы и прямое наблюдение в такую науку, как космология.

1983 г. У. Фаулер — за теоретические и экспериментальные исследования ядерных реакций, имеющих важное значение для образования химических элементов Вселенной; С. Чандрасе-

кар — за теоретические исследования физических процессов, играющих важную роль в строении и эволюции звёзд.

1993 г. Р. Халс и Дж. Тейлор — за открытие нового типа пульсара, которое дало новые возможности для исследования гравитации.

2002 г. Реймонд Дэвис и Масатоши Кошиба — за изыскания в области астрофизики, в частности за обнаружение космических нейтрино; Рикардо Жиакони — за изыскания в области астрофизики, которые привели к открытию источников рентгеновского излучения.

2006 г. Джон Мазер и Джордж Смут — за открытие планковской формы спектра космического фонового излучения и анизотропии космического фонового излучения.

2011 г. Сол Перлмуттер, Адам Райесс и Брайан Шмидт — за открытие ускоренного расширения Вселенной по наблюдениям сверхновых

XII. Список исследовательских проектов

1. Конструирование и установка глобуса Набокова.
2. Определение высоты гор на Луне по способу Галилея.
3. Определение условий видимости планет в текущем учебном году.
4. Наблюдение солнечных пятен с помощью камеры-обскуры.
5. Изучение солнечной активности по наблюдению солнечных пятен.
6. Определение температуры Солнца на основе измерения солнечной постоянной.
7. Определение скорости света по наблюдениям моментов затмений спутника Юпитера.
8. Изучение переменных звёзд различного типа.
9. Определение расстояния до удалённых объектов на основе измерения параллакса.
10. Наблюдение метеорного потока.
11. Исследование ячеек Бенара.
12. Конструирование школьного планетария.
13. Происхождение названий планет и объектов на поверхности Луны, планет и других тел Солнечной системы¹.

¹ Утверждённый Международным астрономическим союзом полный список названий различных объектов на поверхности планет и других тел см. <http://gotourl.ru//1811>.

Личностные результаты.

Формирование мышления, соответствующего современному развитию науки

видимая звёздная величина которой +18, а абсолютная звёздная величина равна -7? 3. Какова скорость удаления галактики, находящейся от нас на расстоянии 300 Мпк? 4. На каком расстоянии находится галактика, если скорость её удаления составляет $2 \cdot 10^4$ км/с? 5. Какого углового диаметра будет видна наша Галактика, диаметр которой составляет 30 000 пк, для наблюдателя, находящегося в галактике M31 (туманность Андромеды) на расстоянии 600 кпк?

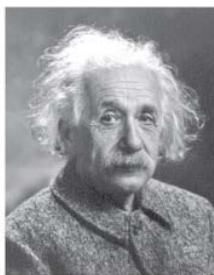
§ 27. Основы современной космологии

По сути дела, существовавшие на каждом этапе развития человеческой цивилизации представления о строении мира можно считать космологическими теориями соответствующей эпохи. Геоцентрическая система Аристотеля—Птолемея стала первой научно обоснованной космологической моделью Вселенной. Спустя 1500 лет её сменила новая космологическая модель — гелиоцентрическая система, предложенная Коперником.

Космология — раздел астрономии, который изучает строение и эволюцию Вселенной в целом, используя при этом методы и достижения физики, математики и философии.

Теоретические модели, описывающие наиболее общие свойства строения и эволюции Вселенной, проверяются астрофизическими методами наблюдений. Очевидно, что выводы космологии имеют важное значение для формирования современной научной картины мира.

Теоретическим фундаментом современной космологии явилась созданная **Альбертом Эйнштейном** (1879—1955) в начале XX в. общая теория относительности — релятивистская теория тяготения. Наиболее существенным отличием



Альберт Эйнштейн



Александр Александрович Фридман

современных космологических моделей, первые из которых были разработаны **Александром Александровичем Фридманом** (1888—1925) на основе теории Эйнштейна, является их эволюционный характер. Идея глобальной эволюции Вселенной оказалась столь необычной, что первоначально не была принята даже самим создателем теории относительности, таким выдающимся учёным, как Эйнштейн.

Даже позднее, когда стало очевидно, что все объекты во Вселенной изменяются с течением времени, казалось, что процессы, происходящие в её отдельных составных частях, не меняют облика всей Вселенной.

Эта идея была для Эйнштейна настолько очевидной, что для уравнений теории относительности, применённых ко всей Вселенной, он стал искать решения, описывающие её состояние, не меняющееся со временем. Для того чтобы уравновесить силы тяготения, он предположил, что кроме них во Вселенной существует сила отталкивания. Эта сила должна быть универсальной, зависящей только от расстояния между телами и не зависящей от их массы. Ускорение, которое она будет создавать этим телам, должно быть пропорционально расстоянию: $a = \text{const} \cdot R$. Так в уравнениях появилась обусловленная гипотетическими силами отталкивания космологическая постоянная — **лямбда-член**.

В 1922—1924 гг. российский математик Фридман вывел из общей теории относительности Эйнштейна уравнения, которые описывали общее строение и эволюцию Вселенной. Решения, полученные Фридманом для этих космологических уравнений, означали, что материя в масштабах однородной и изотропной Вселенной не может находиться в покое — Вселенная должна либо сжиматься, либо расширяться. Суть этого вывода, сделанного на основе математически строгого решения уравнений, можно объяснить довольно просто, опе-

Метапредметные результаты. Межпредметные понятия

§ 14. ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯГОТЕНИЯ

1. Закон всемирного тяготения

Согласно закону всемирного тяготения, изученному в курсе физики,

все тела во Вселенной притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 — массы тел; r — расстояние между ними; G — гравитационная постоянная.

Открытие закона всемирного тяготения во многом способствовали законы движения планет, сформулированные Кеплером, и другие достижения астрономии XVII в. Так, знание расстояния до Луны позволило *Исааку Ньютону* (1643—1727) доказать тождественность силы, удерживающей Луну при её движении вокруг Земли, и силы, вызывающей падение тел на Землю.

Ведь если сила тяжести меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, как это следует из закона всемирного тяготения, то Луна, находящаяся от Земли на расстоянии примерно 60 её радиусов, должна испытывать ускорение в 3600 раз меньшее, чем ускорение силы тяжести на поверхности Земли, равное $9,8 \text{ м/с}^2$. Следовательно, ускорение Луны должно составлять $0,0027 \text{ м/с}^2$.



Исаак Ньютон

В то же время Луна, как любое тело, равномерно движущееся по окружности, имеет ускорение

$$a = \omega^2 r,$$

где ω — угловая скорость Луны; r — радиус её орбиты. Если считать,

Вследствие суточного вращения Земля стремится увлечь за собой приливные горбы, в то же время вследствие тяготения Луны, которая обращается вокруг Земли за месяц, полоса приливов должна перемещаться по земной поверхности значительно медленнее. В результате между огромными массами воды, участвующей в приливных явлениях, и дном океана возникает приливное трение. Оно тормозит вращение Земли и вызывает увеличение продолжительности суток, которые в прошлом были значительно короче (5—6 ч). Тот же эффект ускоряет орбитальное движение Луны и приводит к её медленному удалению от Земли. При этом приливы со стороны Земли на Луне затормозили её вращение, и она теперь обращена к Земле одной стороной. Такое же медленное вращение характерно для многих спутников Юпитера и других планет. Сильные приливы, вызываемые на Меркурии и Венере Солнцем, по-видимому, являются причиной их крайнего медленного вращения вокруг оси.

6. Движение искусственных спутников Земли и космических аппаратов к планетам

Возможность создания искусственного спутника Земли теоретически обосновал ещё Ньютон. Он показал, что существует такая горизонтально направленная скорость \vec{v}_1 , при которой тело, падая на Землю, тем не менее на неё не упадёт, а будет двигаться вокруг Земли, оставаясь от неё на одном и том же расстоянии. При такой скорости тело будет приближаться к Земле вследствие её притяжения как раз на столько, на сколько из-за кривизны поверхности нашей планеты оно будет от неё удаляться (рис. 3.14). Эта скорость, которую называют первой космической (или круговой), известна вам из курса физики:

$$v_1 = \sqrt{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/с}.$$

Практически осуществить запуск искусственного спутника Земли оказалось возможно лишь через два с половиной столетия после открытия Ньютона — 4 октября 1957 г. За время, прошедшее с этого дня, который нередко называют на-

Метапредметные результаты.

Регулятивные УУД

Вот что писал Кеплер после открытия этого закона: «То, что 16 лет тому назад я решил искать, <...> наконец найдено, и это открытие превзошло все мои самые смелые ожидания...»

Действительно, третий закон заслуживает самой высокой оценки. Ведь он позволяет вычислить относительные расстояния планет от Солнца, используя при этом уже известные периоды их обращения вокруг Солнца. Не нужно определять расстояние от Солнца каждой из них, достаточно измерить расстояние от Солнца хотя бы одной планеты. Величина большой полуоси земной орбиты — *астрономическая единица* (а. е.) — стала основой для вычисления всех остальных расстояний в Солнечной системе.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Чему равна большая полуось её орбиты?

Дано:

$$S = 2 \text{ г.}$$

$$T_1 = 1 \text{ г.}$$

$$a_1 = 1 \text{ а. е.}$$

$$a_2 = ?$$

Формула

Решение:

Большую полуось орбиты планеты можно определить из третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad a_2^3 = \frac{a_1^3 T_2^2}{T_1^2}.$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

используется для вычисления звёздного периода планеты:

$$T_2 = \frac{T_1 S}{S - T_1}, \quad T_2 = \frac{2}{2 - 1} = 2 \text{ г.}$$

$$\text{Тогда } a_2 = \sqrt[3]{2^2} \approx 1,59 \text{ а. е.}$$

Ответ: $a_2 = 1,59 \text{ а. е.}$



Вопросы 1. Сформулируйте законы Кеплера. 2. Как меняется скорость планеты при её перемещении от афелия к перигелию? 3. В какой точке орбиты планета обладает максимальной кинетической энергией; максимальной потенциальной энергией?



УПРАЖНЕНИЕ 10 1. Марс в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Какова продолжительность года на Марсе? Орбиты планет считать круговыми. 2. Синодический период внешней малой планеты 500 суток. Определите большую полуось её орбиты и звёздный период обращения.



ЗАДАНИЕ 11 Выполнение этого задания позволит узнать, как располагаются планеты на орбитах в настоящее время, и научиться самостоятельно отыскивать их на небе.

1) Нарисуйте в своей тетради орбиты четырёх ближайших к Солнцу планет: Меркурия, Венеры, Земли и Марса. Чтобы наибольшая из орбит — орбита Марса — уместилась на листе тетради, следует выбрать масштаб, при котором 1 см соответствует 30 млн км (1 : 3 000 000 000 000). Рассчитайте размеры орбит планет и с помощью циркуля проведите окружности соответствующего радиуса. Необходимые данные возьмите из приложения VI.

2) Используйте данные таблицы гелиоцентрических долгот¹ планет из «Школьного астрономического календаря» для ответа на следующие вопросы:

а) У какой планеты — Меркурия, Венеры, Земли или Марса — эксцентриситет орбиты наибольший?

б) На какие (примерно) даты приходятся прохождения Меркурия через перигелий; через афелий?

в) Найдите в таблице даты, на которые приходятся соединения планет с Солнцем, а также их противостояний.

3) Пользуясь таблицей гелиоцентрических долгот планет, на орбите каждой планеты отметьте её положения в сентябре — декабре текущего года. Для этого проведите из центра орбит в произвольном направлении луч, который будет указывать направление на точку весеннего равноденствия. От этого луча на каждой орбите в направлении, противоположном движению часовой стрелки, отложите дуги, соответствующие гелиоцентрической долготе данной планеты, и отметьте эти положения.

Для того чтобы узнать, где по отношению к Солнцу располагается на небе та или иная планета, ориентируйте нарисован-

¹ Гелиоцентрической долготой называется угол при центре (Солнце) между направлениями на точку весеннего равноденствия и на планету.

Метапредметные результаты.

Коммуникативные УУД

том в полдень — момент верхней кульминации. Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту места наблюдения. Этот способ издавна использовался для определения местоположения наблюдателя на суше и на море.

Суточные пути Солнца в дни равноденствий и солнцестояний на полюсе Земли, на её экваторе и в средних широтах показаны на рисунке 2.11.



Вопросы 1. Почему полуденная высота Солнца в течение года меняется? 2. В каком направлении происходит видимое годовое движение Солнца относительно звёзд?



Упражнение 5¹ 1. На какой высоте Солнце бывает 22 июня на Северном полюсе? 2. На какой географической широте Солнце бывает в полдень в зените 21 марта; 22 июня? 3. В какой день года проводились наблюдения, если полуденная высота Солнца на географической широте 49° была равна 17°30'? 4. Полуденная высота Солнца равна 30°, а его склонение равно –19°. Определите географическую широту места наблюдения. 5. Определите полуденную высоту Солнца в Архангельске (географическая широта 65°) и Ашхабаде (географическая широта 38°) в дни летнего и зимнего солнцестояния. Каковы различия высоты Солнца: а) в один и тот же день в этих городах; б) в каждом из городов в дни солнцестояний? Какие выводы можно сделать из полученных результатов?



Задание 6 Найдите на звёздной карте эклиптику и проследите, по каким созвездиям она проходит.

Задание 7 Составьте в тетради таблицу, в которую запишите координаты Солнца в дни равноденствий и солнцестояний.

Задание 8 Определите положение Солнца на эклиптике и его экваториальные координаты на сегодняшний день. Для этого достаточно мысленно провести прямую от полюса мира к соответствующей дате на краю карты (приложить линейку). Солнце должно располагаться на эклиптике в точке её пересечения с этой прямой.

Задание 9 Установите звёздную карту на полночь того числа, когда выполняется это задание. Запишите несколько созвездий, которые будут видны в это время в южной, западной, се-

¹ При выполнении упражнения угол наклона экватора к эклиптике считать равным 23,5°.

В этой связи немаловажное значение приобретает тот факт, что благодаря исследованиям, проведённым в последние годы, на Луне обнаружены весьма заметные запасы воды. Бомбардировка лунной поверхности вблизи её южного полюса ракетой-носителем «Центавр» и специальным зондом позволила установить, что в веществе, выброшенном при взрыве, действительно содержится вода. Российский нейтронный детектор ЛЕНД, установленный на борту американского искусственного спутника Луны ЛРО, показал, что водяной лёд составляет 3–8% массы пород в её приполярной зоне. Согласно предварительным оценкам, из тонны лунного грунта можно получить порядка 40–45 л воды. В перспективе воду можно будет использовать в различных целях: частично на бытовые нужды, частично разложив на кислород и водород. Кислород необходим для дыхания, а водород является прекрасным топливом. О намерении создать на Луне базы заявили несколько стран, в том числе Россия, Китай и Индия. В качестве сроков реализации проектов называются 30–40-е гг. текущего столетия.

Подробные карты Луны (физическая и геологическая) размещены на сайте <http://gotour.ru/1808>.



Вопросы 1. Какие особенности распространения волн в твёрдых телах и жидкостях используются при сейсмических исследованиях строения Земли? 2. Почему в тропосфере температура с увеличением высоты падает? 3. Чем объясняются различия плотности веществ в окружающем нас мире? 4. Почему при ясной погоде ночью происходит наиболее сильное похолодание? 5. Видны ли с Луны те же созвездия (видны ли они так же), что и с Земли? 6. Назовите основные формы рельефа Луны. 7. Каковы физические условия на поверхности Луны? Чем и по каким причинам они отличаются от земных?




Упражнение 13 1. Подсчитайте, какую (примерно) кинетическую энергию имеет тело массой 1 кг при встрече с лунной поверхностью. Скорость тела считать равной скорости орбитального движения Земли. 2*. Галилей первым измерил высоту гор на Луне, наблюдая появление вблизи терминатора (границы дня и ночи) отдельных горных вершин, освещённых Солнцем. Сделайте соответствующий чертёж и выведите формулу, по которой можно провести необходимые расчёты.


Метапредметные результаты.

Познавательные УУД

В этой связи немаловажное значение приобретает тот факт, что благодаря исследованиям, проведённым в последние годы, на Луне обнаружены весьма заметные запасы воды. Бомбардировка лунной поверхности вблизи её южного полюса ракетой-носителем «Центавр» и специальным зондом позволила установить, что в веществе, выброшенном при взрыве, действительно содержится вода. Российский нейтронный детектор ЛЕНД, установленный на борту американского искусственного спутника Луны ЛРО, показал, что водяной лёд составляет 3–8% массы пород в её приполярной зоне. Согласно предварительным оценкам, из тонны лунного грунта можно получить порядка 40–45 л воды. В перспективе воду можно будет использовать в различных целях: частично на бытовые нужды, частично разложив на кислород и водород. Кислород необходим для дыхания, а водород является прекрасным топливом. О намерении создать на Луне базы заявили несколько стран, в том числе Россия, Китай и Индия. В качестве сроков реализации проектов называются 30–40-е гг. текущего столетия.

Подробные карты Луны (физическая и геологическая) размещены на сайте <http://gotourl.ru//1808>.


 **Вопросы** 1. Какие особенности распространения волн в твёрдых телах и жидкостях используются при сейсмических исследованиях строения Земли? 2. Почему в тропосфере температура с увеличением высоты падает? 3. Чем объясняются различия плотности веществ в окружающем нас мире? 4. Почему при ясной погоде ночью происходит наиболее сильное похолодание? 5. Видны ли с Луны те же созвездия (видны ли они так же), что и с Земли? 6. Назовите основные формы рельефа Луны. 7. Каковы физические условия на поверхности Луны? Чем и по каким причинам они отличаются от земных?


 **Упражнение 13** 1. Подсчитайте, какую (примерно) кинетическую энергию имеет тело массой 1 кг при встрече с лунной поверхностью. Скорость тела считать равной скорости орбитального движения Земли. 2*. Галилей первым измерил высоту гор на Луне, наблюдая появление вблизи терминатора (границы дня и ночи) отдельных горных вершин, освещённых Солнцем. Сделайте соответствующий чертёж и выведите формулу, по которой можно провести необходимые расчёты.

том в полдень — момент верхней кульминации. Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту места наблюдения. Этот способ издавна использовался для определения местоположения наблюдателя на суше и на море.

Суточные пути Солнца в дни равноденствий и солнцестояний на полюсе Земли, на её экваторе и в средних широтах показаны на рисунке 2.11.

 **Вопросы** 1. Почему полуденная высота Солнца в течение года меняется? 2. В каком направлении происходит видимое годовое движение Солнца относительно звёзд?

 **Упражнение 5¹** 1. На какой высоте Солнце бывает 22 июня на Северном полюсе? 2. На какой географической широте Солнце бывает в полдень в зените 21 марта; 22 июня? 3. В какой день года проводились наблюдения, если полуденная высота Солнца на географической широте 49° была равна 17°30'? 4. Полуденная высота Солнца равна 30°, а его склонение равно –19°. Определите географическую широту места наблюдения. 5. Определите полуденную высоту Солнца в Архангельске (географическая широта 65°) и Ашхабаде (географическая широта 38°) в дни летнего и зимнего солнцестояния. Каковы различия высоты Солнца: а) в один и тот же день в этих городах; б) в каждом из городов в дни солнцестояний? Какие выводы можно сделать из полученных результатов?

 **Задание 6** Найдите на звёздной карте эклиптику и проследите, по каким созвездиям она проходит.

Задание 7 Составьте в тетради таблицу, в которую запишите координаты Солнца в дни равноденствий и солнцестояний.

Задание 8 Определите положение Солнца на эклиптике и его экваториальные координаты на сегодняшний день. Для этого достаточно мысленно провести прямую от полюса мира к соответствующей дате на краю карты (приложить линейку). Солнце должно располагаться на эклиптике в точке её пересечения с этой прямой.

Задание 9 Установите звёздную карту на полночь того числа, когда выполняется это задание. Запишите несколько созвездий, которые будут видны в это время в южной, западной, се-

¹ При выполнении упражнения угол наклона экватора к эклиптике считать равным 23,5°.

Предметные результаты.

Сформированность представлений о строении Солнечной системы



III. СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнечная система включает в себя Солнце и все физические тела, обращающиеся вокруг него, с системами своих спутников. В состав Солнечной системы входят восемь больших планет, включая Землю.

Кроме больших планет со спутниками, вокруг Солнца обращаются карликовые (малые) планеты, которые по диаметру меньше Луны, и огромное число малых тел Солнечной системы. Даже наиболее крупные из них не превышают по размеру 1000 км, а ядра самых заметных комет — ещё меньше. Вокруг Солнца движутся также тела размером в десятки и сотни метров, глыбы и камни, множество мелких камешков и пылинок. Чем меньше размеры этих частиц, тем их самих больше. Межпланетная среда — это крайне разреженный газ, состояние которого определяется излучением Солнца и растекающимися от него потоками вещества.

Движением всех больших и малых тел Солнечной системы управляет Солнце, масса которого в 333 тыс. раз превышает массу Земли и в 750 раз суммарную массу всех планет.

§ 10. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ МИРА

1. Геоцентрическая система мира

Путь к пониманию положения нашей планеты и живущего на ней человечества во Вселенной был очень непростым и подчас весьма драматичным. В древности было естественным считать, что Земля является неподвижной, плоской и находится в центре мира. Казалось, что вообще весь мир создан

К сожалению, труды этого замечательного учёного до нас практически не дошли, и более полутора тысяч лет человечество было уверено, что Земля — это неподвижный центр мира. В немалой степени этому способствовало математическое описание видимого движения светил, которое во II в. н. э. разработал для геоцентрической системы мира один из выдающихся математиков древности — **Клавдий Птолемей**. Наиболее сложной задачей оказалось объяснение петлеобразного движения планет (рис. 3.1).

Птолемей в своём знаменитом сочинении «Математический трактат по астрономии» (оно более известно как «Альмагест») утверждал, что каждая планета равномерно движется по **эпициклу** — малому кругу, центр которого движется вокруг Земли по **деференту** — большому кругу (рис. 3.2). Тем самым ему удалось объяснить особый характер движения планет, которым они отличались от Солнца и Луны. Система Птолемея давала чисто кинематическое описание движения планет — иного пока того времени предложить не могла.



Рис. 3.2. Система Птолемея

2. Гелиоцентрическая система мира

Вы уже убедились, что использование модели небесной сферы при описании движения Солнца, Луны и звёзд позволяет вести многие полезные для практических целей расчёты, хотя реально такой сферы не существует. То же справедливо и в отношении эпициклов и деферентов, на основе которых можно с определённой степенью точности рассчитывать положение планет. Однако с течением времени требования к точности этих расчётов постоянно возрастали, приходилось добавлять всё новые и новые эпициклы для каждой планеты.

Предметные результаты.

Сформированность представлений об эволюции звёзд и Вселенной



V. СОЛНЦЕ И ЗВЁЗДЫ

129

§ 21. Солнце — ближайшая звезда

1. Энергия и температура Солнца

Солнце — центральное тело Солнечной системы — является типичным представителем звёзд, наиболее распространённых во Вселенной тел. Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{30}$ кг. Как и многие другие звёзды, Солнце представляет собой огромный шар, который состоит из водородно-гелиевой плазмы и находится в равновесии в поле собственного тяготения. Изучение физических процессов, происходящих на Солнце, имеет важное значение для астрофизики, поскольку эти процессы свойственны, очевидно, и другим звёздам, но только на Солнце мы можем наблюдать их достаточно детально.

Солнце излучает в космическое пространство колоссальный по мощности поток излучения, который в значительной мере определяет физические условия на Земле и других планетах, а также в межпланетном пространстве. Земля получает всего лишь одну двухмиллиардную долю солнечного излучения. Однако и этого достаточно, чтобы приводить в движение огромные массы воздуха в земной атмосфере, управлять



VI. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ¹

§ 25. НАША ГАЛАКТИКА

1. Млечный Путь и Галактика²

Практически все объекты, которые видят на небе невооружённым глазом жители средних широт Северного полушария Земли, составляют единую систему небесных тел (главным образом звёзд) — нашу Галактику. Из числа этих объектов в состав Галактики не входит лишь слабо заметное туманное пятно, видимое в созвездии Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи, — туманность Андромеды (см. рис. 2 на цветной вклейке XVI).

Характерной деталью звёздного неба является Млечный Путь, в котором уже первые наблюдения с помощью телескопа позволили различить множество слабых звёзд нашей Галактики. Как вы можете сами убедиться в любую ясную безлунную ночь, он простирается через всё небо светлой белесоватой полосой клочковатой формы (рис. 6.1).

Идея о том, что Вселенная имеет «островную» структуру, неоднократно высказывалась в прошлом. Однако лишь в конце XVIII в. Гершель предложил первую модель строения нашей Галактики (рис. 6.2). На основе подсчётов звёзд в различных участках неба он установил, что их число по мере удаления от Млечного Пути резко убывает. По его расчётам, слабые звёзды Млечного Пути вместе с остальными, более яркими образуют единую звёздную систему, напоминающую

¹ Глава доработана к. ф.-м. н. С. В. Пилипенко.

² Термин «галактика» происходит от греческого слова *galaxis*, которое означает «молочный, млечный».

Предметные результаты.

Сформированность представлений пространственно-временных масштабах Вселенной

сколько миллиардов лет тому назад была совершенно иной — в ней не существовало ни галактик, ни звёзд, ни планет. Для того чтобы объяснить процессы, происходившие на начальной стадии её развития, понадобился весь арсенал современной теоретической физики, включая теорию относительности, атомную физику, квантовую физику и физику элементарных частиц.

События, которые произошли в науке за последние десятилетия, показали, что неразрывная связь, существующая между астрономией и физикой, позволяет успешно решать многие проблемы, волнующие человечество. Далеко не случайно, что в первые годы XXI в. три Нобелевских премии по физике были присуждены учёным за исследования по астрофизике и космологии.

В астрономии, как и во многих других науках, всё больше используются компьютеры для решения задач самого разного уровня — от управления телескопами до исследования процессов эволюции планет, звёзд и галактик.

Развитие ракетной техники позволило человечеству выйти в космическое пространство. С одной стороны, это существенно расширило возможности исследования всех объектов, находящихся за пределами Земли, и привело к новому подъёму в развитии небесной механики, которая успешно осуществляет расчёты орбит автоматических и пилотируемых космических аппаратов различного назначения. С другой стороны, методы дистанционного исследования, пришедшие из астрофизики, ныне широко применяются при изучении нашей планеты с искусственных спутников и орбитальных станций. Результаты исследований тел Солнечной системы позволяют лучше понять глобальные, в том числе эволюционные, процессы, происходящие на Земле. Вступив в космическую эру своего существования и готовясь к полётам на другие планеты, человечество не вправе забывать о Земле и должно в полной мере осознавать необходимость сохранения её уникальной природы.

2. Структура и масштабы Вселенной

Вы уже знаете, что наша Земля со своим спутником Луной, другие планеты и их спутники, кометы и малые планеты обращаются вокруг Солнца. Все эти тела составляют *Солнечную*

систему. В свою очередь, Солнце и все другие звёзды, видимые на небе, входят в огромную звёздную систему — нашу *Галактику*. Самая близкая к Солнечной системе звезда находится так далеко, что свет, который распространяется со скоростью 300 тыс. км/с, идёт от неё до Земли более четырёх лет. Звёзды являются наиболее распространённым типом небесных тел, в одной только нашей Галактике их насчитывается несколько сотен миллиардов. Объём, занимаемый этой звёздной системой, так велик, что свет может пересечь его только за 100 тыс. лет.

Во *Вселенной* существует множество других галактик, подобных нашей. Именно расположение и движение галактик определяет строение и структуру Вселенной в целом. Галактики так далеки друг от друга, что невооружённым глазом можно видеть лишь три ближайших: две — в Южном полушарии, а с территории России всего одну — туманность Андромеды. От наиболее удалённых галактик свет идёт до Земли около 13 млрд лет. Значительная часть вещества звёзд и галактик находится в таких условиях, которые невозможно создать в земных лабораториях. Всё космическое пространство заполнено электромагнитным излучением, гравитационными и магнитными полями. Между звёздами в галактиках и между галактиками находится очень разреженное вещество в виде газа, пыли, отдельных молекул, атомов и ионов, атомных ядер и элементарных частиц.

Как известно, расстояние до ближайшего к Земле небесного тела — Луны — составляет примерно 400 тыс. км. Наиболее удалённые объекты располагаются от нас на расстоянии, которое превышает расстояние до Луны более чем в 10^{17} раз.

Попробуем представить размеры небесных тел и расстояния между ними во Вселенной, воспользовавшись хорошо известной моделью — школьным глобусом Земли диаметром 25 см. Этот глобус в 50 млн раз меньше нашей планеты. В этом случае мы должны изобразить Луну шариком диаметром примерно 7 см, находящимся от глобуса на расстоянии около 7,5 м. Модель Солнца будет иметь диаметр 28 м и находиться на расстоянии 3 км, а модель Нептуна — самой далёкой планеты Солнечной системы — будет удалена от нас на 90 км. Ближайшая к нам звезда при таком масштабе модели будет располагаться на расстоянии примерно 800 тыс. км, т. е. в 2 раза дальше, чем настоящая (не модельная) Луна! Размеры

Предметные результаты.

Владение основополагающими астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями

Рассмотрим, как связан синодический период планеты со звёздными периодами Земли и самой планеты. Чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она совершает свой оборот вокруг него. Пусть звёздный период обращения внешней планеты равен P , звёздный период Земли — T ($T < P$), а синодический период — S . Тогда угловые скорости их движения по орбитам будут равны соответственно $360^\circ/P$ и $360^\circ/T$. От момента какой-либо конфигурации (например, противостояния) до следующей такой же конфигурации планета пройдёт дугу своей орбиты, равную $\frac{360^\circ}{P} \cdot S$. За этот же промежуток времени (за синодический период) Земля пройдёт дугу на 360° большую, которая равна $\frac{360^\circ}{T} \cdot S$. Тогда:

$$\frac{360^\circ}{T} \cdot S - \frac{360^\circ}{P} \cdot S = 360^\circ,$$

или

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S}.$$

Почти такой же будет формула для внутренней планеты:

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{T} = \frac{1}{S}.$$

Следовательно, зная синодический период планеты, можно вычислить её звёздный период обращения вокруг Солнца.



Вопросы 1. Что называется конфигурацией планеты? 2. Какие планеты считаются внутренними, какие — внешними? 3. В какой конфигурации может находиться любая планета? 4. Какие планеты могут находиться в противостоянии? Какие — не могут? 5. Назовите планеты, которые могут наблюдаться рядом с Луной во время её полнолуния.



УПРАЖНЕНИЕ 9 1. Нарисуйте, как будут располагаться на своих орбитах Земля и планета: а) Меркурий — в нижнем соединении; б) Венера — в верхнем соединении; в) Юпитер — в противостоянии; г) Сатурн — в верхнем соединении. 2. В какое время суток (утром или вечером) будет видна Венера, если она расположена так, как показано на рисунке 3.4, з? 3. Сравните условия видимости Марса в положениях, показанных на рисунках 3.4, в и 3.4, а. 4. Оцените, сколько примерно времени и когда (утром или вечером) может наблюдаться Венера, если

точно форму нашей планеты передаёт фигура, называемая эллипсоидом, у которого любое сечение плоскостью, проходящей через центр Земли, не является окружностью.

В настоящее время форму Земли принято характеризовать следующими величинами:

сжатие эллипсоида — 1 : 298,25;

средний радиус — 6371,032 км;

длина окружности экватора — 40075,696 км.

2. Определение расстояний в Солнечной системе. Горизонтальный параллакс

Измерить расстояние от Земли до Солнца удалось лишь во второй половине XVIII в., когда был впервые определён *горизонтальный параллакс* Солнца. По сути дела, при этом измеряется параллактическое смещение объекта, находящегося за пределами Земли, а базисом является её радиус.

Горизонтальным параллаксом (p) называется угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения (рис. 3.11).

Из треугольника OAS можно выразить величину — расстояние $OS = D$:

$$D = \frac{R}{\sin p},$$

где R — радиус Земли. По этой формуле можно вычислить расстояние в радиусах Земли, а зная его величину, — выразить расстояние в километрах.

Очевидно, что чем дальше расположен объект, тем меньше его параллакс. Наибольшее значение имеет параллакс Луны, который меняется в связи с тем, что Луна обращается по эллиптической орбите, и в среднем составляет $57'$. Параллаксы планет и Солнца значительно меньше. Так, параллакс Солнца равен $8,8''$. Такому значению параллакса соответствует расстояние до Солнца, примерно равное 150 млн км. Это

Предметные результаты.

Осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства

- 1998** Обнаружено, что расширение Вселенной в последние несколько миллиардов лет происходит с ускорением, что свидетельствует о существовании тёмной энергии, обладающей свойством антигравитации
- 2002** Открыты осцилляции солнечных нейтрино, что доказывает наличие у нейтрино массы покоя и справедливость теории внутреннего строения Солнца и звёзд
- 2003** Количество тёмной материи и тёмной энергии во Вселенной измерено с высокой точностью по результатам наблюдения анизотропии реликтового излучения спутником WMAP
- 2004** С помощью космического телескопа «Хаббл» получена фотография наиболее далёких галактик, образовавшихся в период 400—800 млн лет после начала расширения Вселенной
- 2009** Начало работы космического телескопа «Кеплер», к 2016 г. открывшего 1000 экзопланет
- 2011** Открыта с помощью телескопа «Хаббл» первая экзопланета размером меньше Земли (Kepler20e), первая экзопланета в обитаемой зоне (Kepler22b)
- 2014** Начато строительство экстремально большого телескопа — оптического телескопа диаметром 39 м, который будет способен изучать атмосферы и поверхности экзопланет
- 2016** Первое сообщение об обнаружении гравитационных волн, излучённых при слиянии чёрных дыр

VIII. Важнейшие события в космонавтике

- 1957 г.** Вывод на орбиту первого искусственного спутника Земли (СССР). Начало космической эры
4 октября
- 1959 г.** Первое фотографирование обратной стороны Луны («Луна-3», СССР)
7 октября
- 1961 г.** Первый полёт человека в космос (КК «Восток», Ю. А. Гагарин, СССР). Всемирный день авиации и космонавтики
12 апреля
- 1963 г.** Первый полёт женщины в космос (КК «Восток-6», В. В. Терешкова, СССР)
16—19 июня

224

- 1964 г.** Вывод на орбиту первого космического корабля с экипажем из нескольких человек (КК «Восход», В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров, СССР)
12 октября
- 1965 г.** Первый выход человека из космического корабля в открытый космос (КК «Восход-2», А. А. Леонов, СССР)
18 марта
- 15 июля Первое фотографирование Марса с близкого расстояния (КА «Маринер-4», США)
- 1966 г.** Первый космический аппарат достиг другой планеты — Венеры (КА «Венера-3», СССР)
1 марта
- 3 апреля Первый искусственный спутник Луны («Луна-10», СССР)
- 1967 г.** Подписание Договора о принципах деятельности государства по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела
27 января
- 18 октября Первая передача научных данных при спуске в атмосфере другой планеты — Венеры (КА «Венера-4», СССР)
- 30 октября Первая автоматическая стыковка двух ИСЗ («Космос-186» и «Космос-188», СССР)
- 1968 г.** Первое возвращение космического аппарата на Землю после облёта Луны (КА «Зонд-5», СССР)
21 сентября
- 1969 г.** Первый выход человека на поверхность Луны (КК «Аполлон-11», Н. Армстронг, Э. Олдрин, США)
21 июля
- 1970 г.** Первая автоматическая доставка на Землю лунного грунта (КА «Луна-16», СССР)
24 сентября
- 17 ноября Доставка на Луну первого самоходного аппарата «Луноход-1» (КА «Луна-16», СССР)
- 15 декабря Первая мягкая посадка на поверхность Венеры (КА «Венера-7», СССР)
- 1971 г.** Создание первой орбитальной научной станции («Салют», СССР)
19 апреля
- 2 декабря Первая мягкая посадка автоматического аппарата на поверхность Марса (КА «Марс-2», СССР)
- 12 декабря Запуск первого спутника для исследования рентгеновского излучения («Ухуру», США)
- 1972 г.** Запуск на орбиту телескопа-рефлектора для исследований ультрафиолетового излучения (станция «Коперник», Европа—США)
август

225

Методическое пособие

Содержание

Предисловие	3
Поурочное планирование изучения учебного материала	6
Астрономия, ее значение и связь с другими науками	6
Урок 1. Что изучает астрономия	6
Урок 2. Наблюдения — основа астрономии ..	9
Практические основы астрономии	14
Урок 3. Звезды и созвездия. Небесные координаты. Звездные карты	14
Урок 4. Видимое движение звезд на различных географических широтах.	21
Урок 5. Годичное движение Солнца. Эклиптика	26
Урок 6. Движение и фазы Луны. Затмения Солнца и Луны	30
Урок 7. Время и календарь	35
Строение Солнечной системы	46
Урок 8. Развитие представлений о строении мира	46
Урок 9. Конфигурации планет. Синодический период	50



Структура методического пособия

✚ Подробные рекомендации к каждому уроку.

✚ Дидактические единицы урока.

✓ Цель урока

Практические основы астрономии (5 ч)

Урок 3. Звезды и созвездия.

Небесные координаты. Звездные карты

Цели урока:

Личностные: организовывать целенаправленную познавательную деятельность в ходе самостоятельной работы.

Метапредметные: формулировать проблему микроисследования, извлекать информацию, представленную в явном виде.

14

✓ Основной материал

✓ Методические акценты урока

Предметные: формулировать понятие «созвездие», определять понятие «видимая звездная величина»; определять разницу освещенностей, создаваемых светилами, по известным значениям звездных величин; использовать звездную карту для поиска созвездий и звезд на небе.

Основной материал:

1. Определение понятия «звездная величина».
2. Введение понятия «созвездие».
3. Экваториальная система координат, точки и линии на небесной сфере.

Методические акценты урока. После завершения выступлений групп (не итогам предыдущего урока) целесообразно обсудить результаты выполнения практических заданий, предложенных к самостоятельному выполнению. В качестве интеллектуальной разминки на этапе актуализации знаний можно предложить следующие вопросы:

1. Можно ли использовать горизонтальную систему координат для создания карты звездного неба? Обоснуйте ответ.
2. Увеличивает ли телескоп видимые размеры звезд? Ответ поясните.
3. Обоснуйте, почему для работы в наземных условиях используются только оптические и рентгеновские телескопы?

Для перехода к теме урока необходимо опираться на опыт учащихся по наблюдению звездного неба и в ходе беседы сформулировать вопросы урока, позволяющие отличать звезды на небесной сфере при наблюдении невооруженным глазом: как сравнить индивидуальные различия звезд по потоку света, как объединить в группы звезды, учитывая постоянство места расположения относительно друг друга? При ответе на данные вопросы можно разбить класс на две группы, в каждой из которых учащиеся работают самостоятельно с учебником. Первой группе предлагается найти ответ на первый проблемный вопрос урока, следуя представленной последовательности шагов:

1. Запишите определение понятия «освещенность». Сколько примерно звезд можно видеть на небе?

✓ Домашнее задание

бе, а также самостоятельно определить светило по предложенным координатам. Данная работа эффективно выполняется в режиме «мозгового штурма». Можно предложить определение координат следующих светил:

— Сириуса (α Большого Пса) — самой яркой звезды неба и самой близкой к Земле из всех нанесенных на школьную карту (9 св. лет);

— ϵ Возничего — одной из наибольших среди изученных звезд (2 тыс. диаметров Солнца);

— τ Кита — наиболее сходной с Солнцем из окрестных звезд;

— β Ориона (Ригель) — самой далекой из нанесенных на карту звезд (1100 св. лет).

На завершающем этапе урока целесообразно совместно обсудить вопросы учебника и частично выполнить задания упражнения 3 учебника (с. 27).

Домашнее задание. § 2.2; 3; 4; практические задания:

1. Хотя ни один большой телескоп не повторяет предыдущие, неся в себе новые инженерные элементы, эволюцию крупнейших телескопов можно представить в виде смены нескольких поколений. Заполните пропуски в таблице (с. 20), отражающей эволюцию телескопов в зависимости от их характеристик:

2. Подготовьте презентацию об истории возникновения названий созвездий и звезд.

3. Найдите на небе группы звезд. Используя карту звездного неба, определите созвездия, к которым они относятся (инструкция к работе с картой приведена в Приложении X учебника). Сравните наблюдаемую картину расположения и видимости отдельных звезд и их расположение на звездной карте. Определите предельное значение звездной величины звезды, которую вы еще можете различать невооруженным глазом.

4. В процессе визуального наблюдения легко спутать планету и звезду. Укажите, по каким внешним признакам такой ошибки можно избежать. Некото-

✓ Темы проектов

✓ Интернет-ресурсы

рые планеты кажутся ярче самых ярких звезд, что также может привести к ошибочным наблюдениям. Приведите примеры таких планет и поясните, почему наблюдается такая разница в яркости.

Темы проектов:

1. История происхождения названий ярчайших объектов неба.

2. Звездные каталоги: от древности до наших дней.

Интернет-ресурсы

<http://www.astronet.ru/db/msg/1175352/node4.html> — Астронет (системы небесных координат).

<http://school-collection.edu.ru/catalog/rubric/8b74c9c3-9aad-4ae4-abf9-e8229c87b786/110377/> — Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. Анимация «Движение светила по небесной сфере».

Урок 4. Видимое движение звезд на различных географических широтах

Цели урока.

Личностные: самостоятельно управлять собственной познавательной деятельностью.

Метапредметные: характеризовать особенности суточного движения звезд на различных географических широтах Земли, аналитически доказывать возможность визуального наблюдения светила на определенной географической широте Земли.

Предметные: формулировать определение терминов и понятий «высота звезды», «кульминация», объяснять наблюдаемые невооруженным глазом движения звезд и Солнца на различных географических широтах.

Основной материал:

Исследование высоты полюса мира на различных географических широтах. Введение понятий «восходящее светило», «невосходящее светило», «незаходящее светило», «верхняя кульминация», «нижняя кульминация». Вывод зависимости между высотой

✓Комментарии для учителя к решению задания

светила, его склонением и географической широтой местности.

Методические акценты урока. В качестве интеллектуальной разминки в начале урока можно выполнить следующие задания:

1. Недостаточно глубокое понимание научного смысла понятия «созвездие» приводит к тому, что нередко в средствах массовой информации и художественной литературе встречаются фразы, являющиеся ошибочными. Поясните, почему фраза *«Космический корабль полетел в созвездие Пегас»* бессмысленна. Переформулируйте данную фразу грамотно с научной точки зрения.

Комментарии для учителя к решению задания 1: приведенная фраза бессмысленна, потому что созвездие — не ограниченная область космического пространства, а некоторый диапазон направлений с точки зрения земного наблюдателя, конус, простирающийся от Земли до бесконечности; звезды, образующие узор созвездия, расположены от нас на разных расстояниях, и лишь в проекции эта картина представляется нам как нечто цельное; более грамотно с научной точки зрения данная фраза может быть построена следующим образом: *«Космический корабль полетел в направлении созвездия Пегас»*.

2. Если рассматривать наиболее яркие звезды, то их на небосводе всего 88. Если учесть, что в некоторых созвездиях их оказывается несколько (в Большой Медведице — 6, в Орионе — 7), то большинству созвездий вообще не досталось легкосозаметных светил; на звездных картах можно найти месторасположение как самых ярких, так и звезд, наблюдение которых невооруженным взглядом затруднено или невозможно; используя карту звездного неба, определите экваториальные координаты самой яркой звезды в созвездии Большой Медведицы, Весов и второй по яркости звезды в созвездии Кита (наибольшую по яркости звезду в созвездии обозначают греческой буквой α , далее следует название созвездия; при этом некоторые звезды имеют собственные имена (Вега, Мицар и т. д.), следовательно, самая яркая

✓ Задачи для подготовки к ЕГЭ по физике

Комментарии для учителя к решению задания 4: если бы траектория частиц солнечного ветра была прямой линией, то, как и солнечный свет, они не попадали бы в зимнюю полярную атмосферу, находящуюся в глубокой тени Земли. Но эти частицы имеют электрический заряд, и их траектория искривляется в магнитном поле Земли. За счет этого они попадают в верхнюю атмосферу полярной ночью, особенно вблизи магнитных полюсов Земли, где и расположена Мурманская область. Следствием являются полярные сияния.

Темы проектов.

1. Реголит: химическая и физическая характеристика.
2. Лунные пилотируемые экспедиции.
3. Исследования Луны советскими автоматическими станциями «Луна».
4. Проекты строительства долговременных научно-исследовательских станций на Луне.
5. Проекты по добыче полезных ископаемых на Луне

Задачи для подготовки к ЕГЭ по физике.

1) Луна движется вокруг Земли по орбите, близкой к круговой, со скоростью около 1 км/с. Среднее расстояние от Земли до Луны 384 тыс. км. Определите по этим данным массу Земли.

2) Среднее расстояние между центрами Земли и Луны составляет около 60 земных радиусов, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. Определите, в какой точке отрезка, соединяющего центры Земли и Луны, космический аппарат будет притягиваться Землей и Луной с одинаковой силой.

3) Средняя плотность Луны составляет примерно 3300 кг/м^3 , а радиус планеты 1700 км. Определите ускорение свободного падения на поверхности Луны.

✓ Проверочные и практические работы

Темы проектов.

1. Правда и вымысел: белые и серые дыры.
2. История открытия и изучения черных дыр.

Интернет-ресурсы.

<http://www.astrotime.ru/evo.html> — Эволюция звезд, звезды, взрыв сверхновой.

<http://space-my.ru/zvezdigalaktici/xarakteristikazvezdy/evoluciyazvezd.html> — Эволюция звезд.

<http://o-planete.ru/zemlya-i-vselennaya/volyutsiya-zvezd.html> — Эволюция звезд.

Урок 28. Проверочная работа «Солнце и Солнечная система»

Цели урока.

Личностные: управлять собственной познавательной деятельностью, проявлять ответственное отношение к познавательной деятельности, навыки работы с информационными источниками.

Метапредметные: формулировать выводы относительно космических тел, опираясь на законы и закономерности астрономии.

Предметные: решать задачи, используя знания по темам «Строение Солнечной системы», «Природа тел Солнечной системы», «Солнце и звезды».

Основной материал.

Применение закономерностей, характеризующих тела Солнечной системы. Применение закономерностей, характеризующих диаграмму «спектр—светимость». Применение закономерностей для определения масс звезд системы. Использование элементов схемы, отражающей эволюцию звезд в зависимости от массы.

Методические акценты урока. В начале урока важно обсудить графические модели эволюции звезд, выполненные учащимися в конце предшествующего урока, а также выполнить следующие задания.

1. Проследите на диаграмме «спектр—светимость» эволюционные этапы звезды, подобной нашему Солнцу.

✓ Контрольные работы

до Антареса таково, что свет пробегает его за 173 года. Мы видим звезду такой, какой она была в начале столетия.

— Звездная пара хвоста Скорпиона арабами была названа словом «Шаула», что означает «Жало». Однако жители экваториальных стран предпочитают другое название «Кошачьи Глаза».

— В созвездии часто вспыхивали новые звезды. Одна из них появилась в 134 г. н. э. в голове Скорпиона, что подтолкнуло Гиппарха к составлению каталога звезд.

— В созвездии Скорпиона расположен один из самых ярких источников рентгеновского космического излучения — Скорпион X-1.

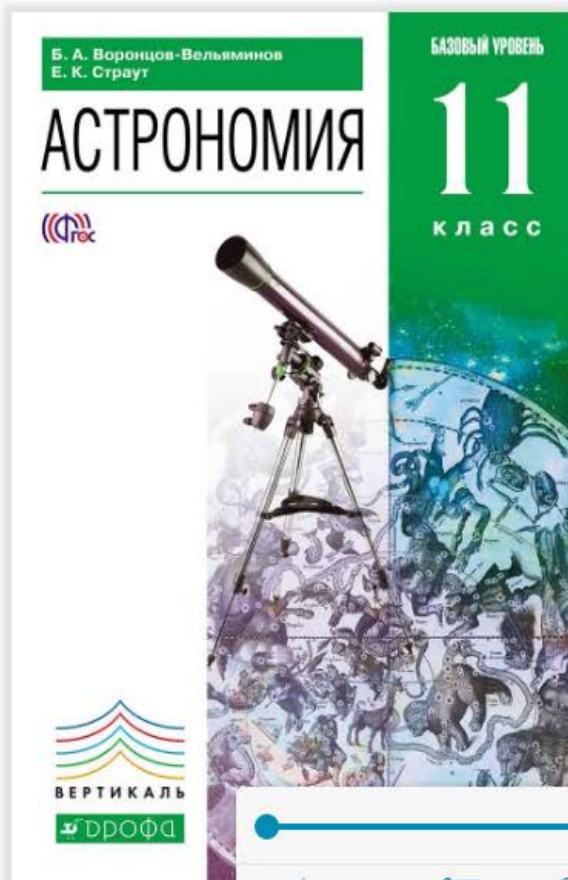
В XVIII в. Скорпион «перенес операцию»: наши далекие предки отрезали у него правую клешню, превратив ее в нынешнее созвездие Весов).

Домашнее задание. Домашняя контрольная работа № 4.

Контрольная работа № 4 по теме «Солнце и звезды»

1. В книге Б. А. Максимачева, В. Н. Комарова «В звездных лабиринтах» приведено следующее описание одного из созвездий: «..._____ — едва ли не самое знаменитое созвездие... О нем упоминают многие исторические хроники. Созвездие характеризуется группой звезд, которая напоминает латинскую букву V. Современная прописная буква A, ведущая происхождение от древнеегипетского иероглифа, обозначающего священного быка Аписа, представляет собой перевернутую бычью морду с двумя рогами. Среди 125 звезд выделяется своей яркостью красноватая звезда _____. Ее называют также «Глазом _____», хотя буквально слово переводится с арабского как «Следующая». Эта звезда следует в своем суточном движении за известной группой звезд _____. Слово _____ происходит от греческого слова «множество». Всего в _____ насчитывается несколько сотен звезд... Члены скопления связаны физически...»

Электронная форма учебника



I. Введение

§ 1. Предмет астрономии

1. Что изучает астрономия. Её значение и связь с другими науками
2. Структура и масштабы Вселенной

§ 2. Наблюдения — основа астрономии

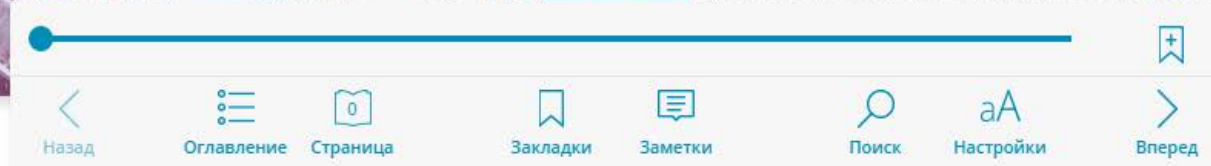
1. Особенности астрономии и её методов
2. Телескопы

II. Практические основы астрономии

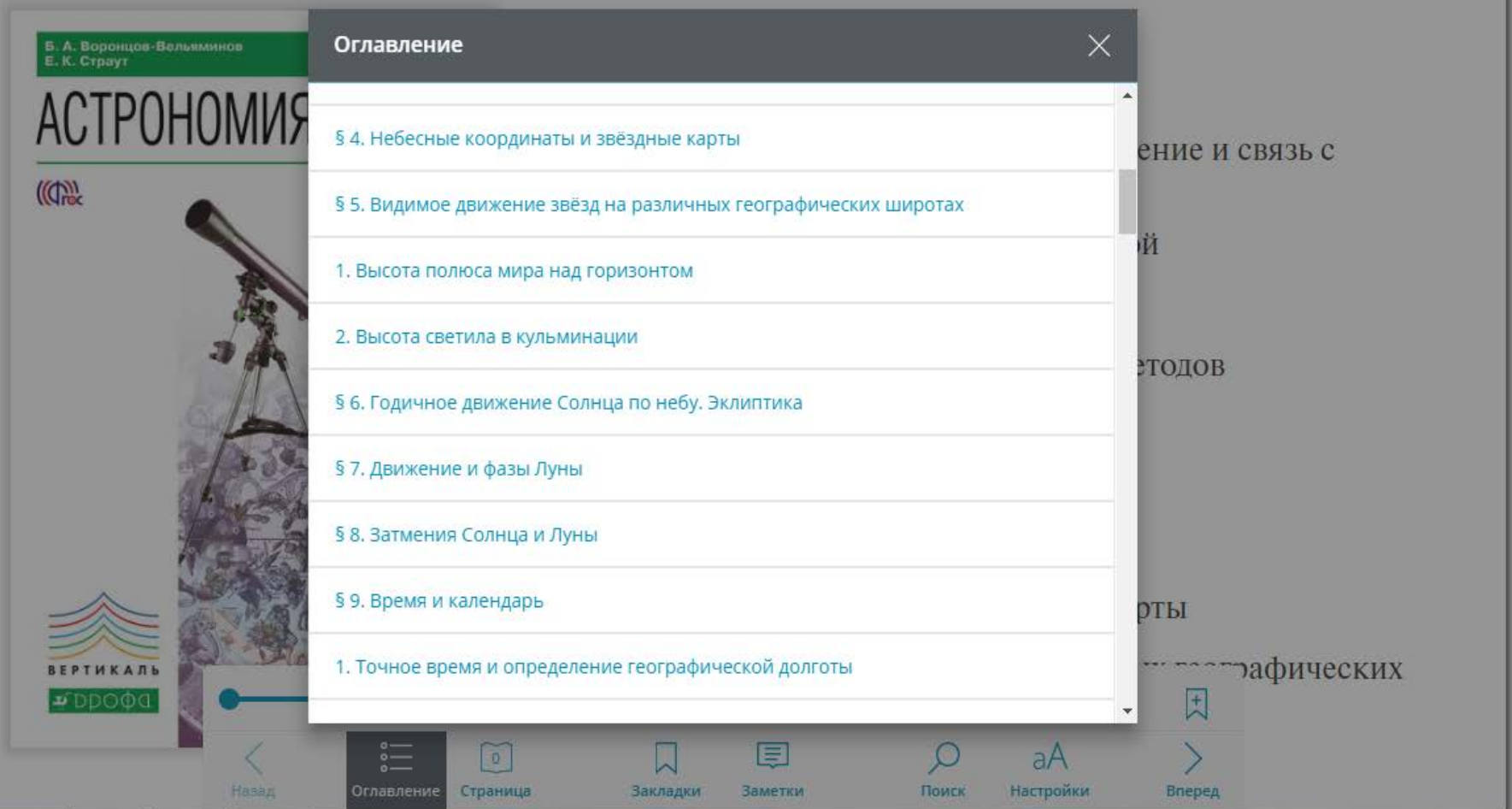
§ 3. Звёзды и созвездия

§ 4. Небесные координаты и звёздные карты

§ 5. Развитие астрономии в древности и в средние века

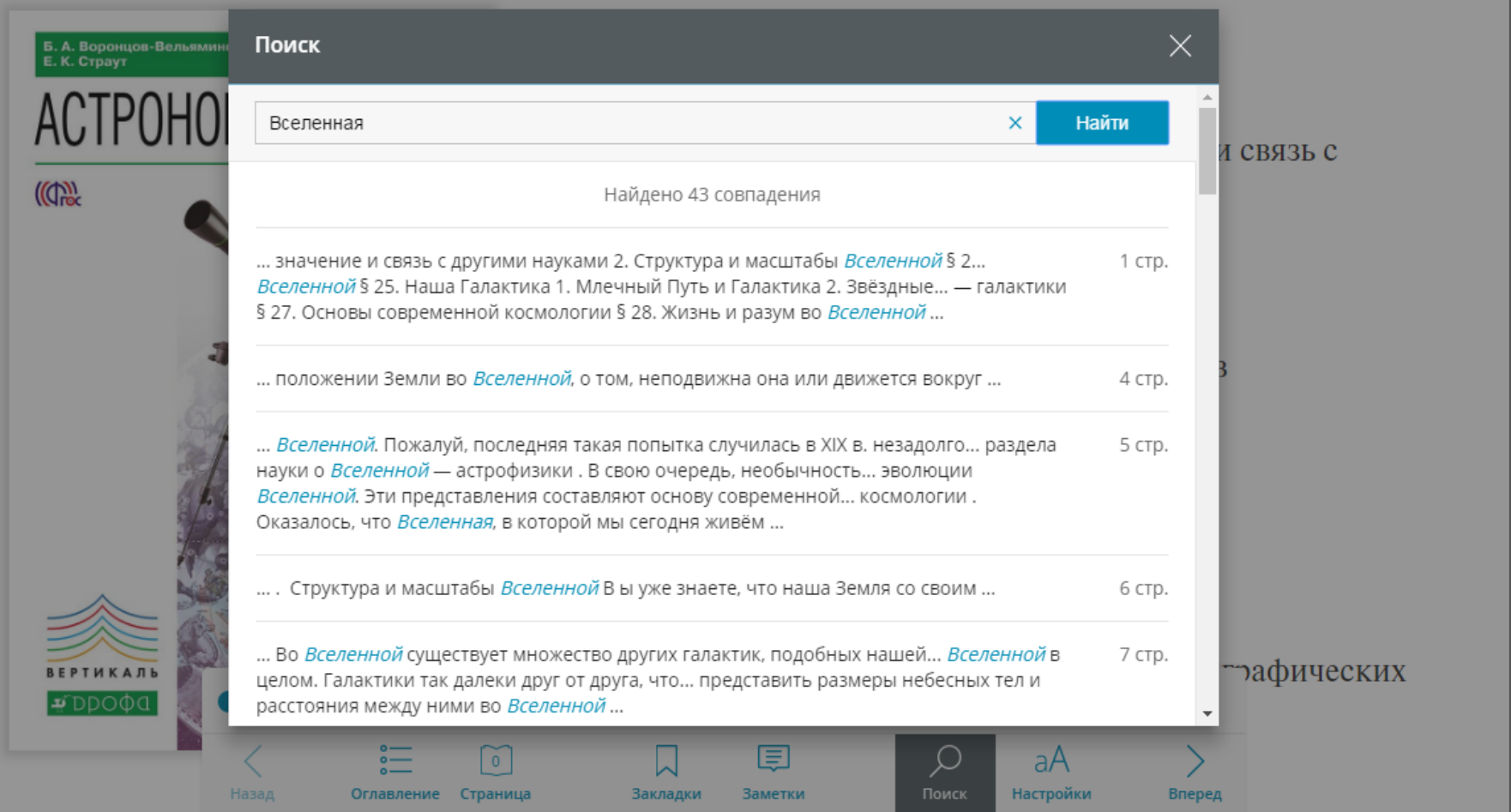


Электронная форма учебника



✓ **Интерактивное оглавление**

Электронная форма учебника



✓ Контекстный поиск

Электронная форма учебника

Северного полюса) лишь часть звёзд Северного полушария неба никогда не заходит. Все остальные звёзды как Северного, так и Южного полушария восходят и заходят.

2. Высота светила

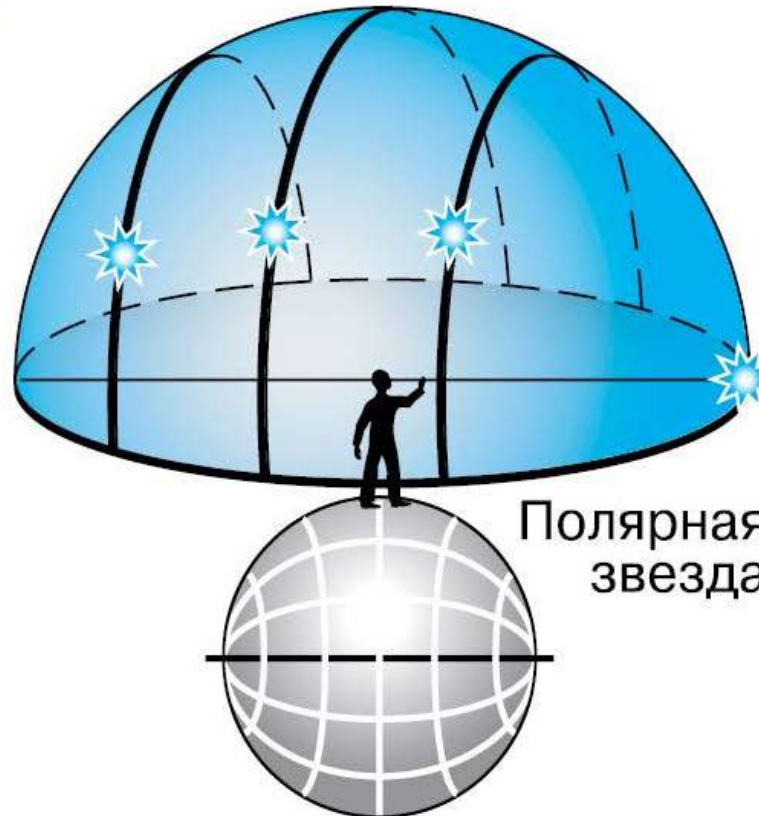


Рис. 2.9. Суточное движение светил на экваторе

наблюдения:

Зная склонение светила и географическую широту места

Продолжим наше воображаемое путешествие и от экватора перейдем к средним широтам к экватору



екают небесный
ечения небесного
мент верхней
ольшей высоты над
ила в момент верхней
горизонтом (угол
бесным экватором
который выражает
сумму двух углов:
определили, а
а M , равным d .

вязывающую высоту
еской широтой места

можно узнать

✓ Возможность увеличения иллюстраций

Электронная форма учебника

Надежный | <https://reader.lecta.ru/read/7934/data/objects/b031420/index.xhtml>

Линии и точки небесной сферы

Обозначьте линии и точки небесной сферы.

№1

Горизонт
Зенит
Меридиан
Ось мира
Северный полюс мира
Точка севера

Проверить

слов: теле — далеко и скорою — смотрю.

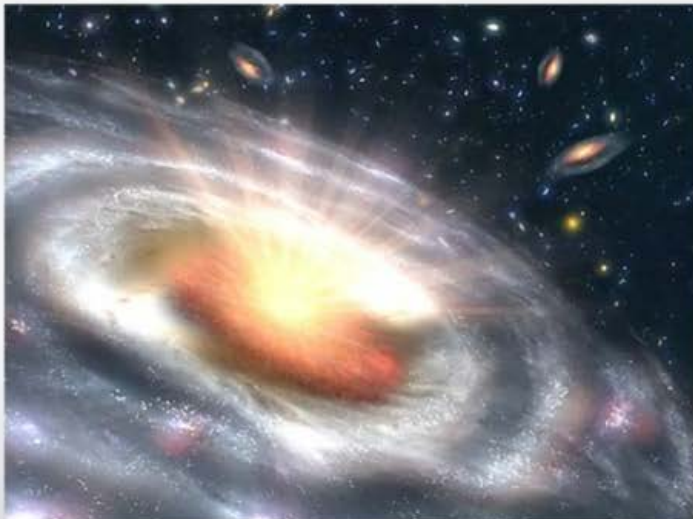
Электронная форма учебника

настоящее время её во многих случаях заменяют электронные приёмники света. Наибольшее распространение получили полупроводниковые приборы с зарядовой связью, сокращённо ПЗС.

Рентгеновские и ультрафиолетовые телескопы - Google Chrome

Надёжный | <https://reader.lecta.ru/read/7934/data/objects/b006982/index.xhtml>

Рентгеновские и ультрафиолетовые телескопы



Чёрные дыры


1:24 / 1:55



Электронная форма учебника

Тест №6 по теме «Строение и эволюция Вселенной»

Что такое реликтовое излучение?



№ 1

№ 2

№ 3

№ 4

№ 5


№ 6


☐ Излучение, оставшееся от далёкого прошлого, когда Вселенная была плотной и горячей

☐ Излучение, зарегистрированное от самых удалённых галактик

☐ Излучение радиогалактик

☐ Излучение, исходящее от останков реликтовых животных

 Назад

 **Тесты**

Электронная форма учебника




1 2 3 4




Млечный Путь

Электронная форма учебника


 Тест № 3 по теме «Строение Солнечной системы»

IV. Природа тел Солнечной системы

§ 15. Общие характеристики планет


 Отличительные особенности двух групп планет


§ 16. Солнечная система как комплекс тел, имеющих общее происхождение

 Современная версия происхождения Солнечной системы


§ 17. Система Земля—Луна


1. Земля

 Размеры и масса Земли

 Атмосфера Земли


2. Луна

 Характеристики Луны

 Рельеф Луны

§ 18. Планеты земной группы

1. Общность характеристик

 Планеты земной группы

✓Перечень электронных образовательных ресурсов

Электронная форма учебника

<https://lecta.ru/>

✓Электронные формы учебников

✓Классная работа

✓Контроль

Урок 8. Развитие представлений о строении мира

Цели урока:

- *Личностные:* высказывать убежденность в возможности познания системы мира.
- *Метапредметные:* устанавливать причинно-следственные связи смены представлений о строении мира; характеризовать вклад ученых в становление астрономической картины мира.
- *Предметные:* воспроизводить исторические сведения о становлении и развитии гелиоцентрической системы мира, объяснять петлеобразное движение планет с использованием эпициклов и дифферентов.

Формулировка целей урока учащимися в ходе занятия:

- Организация обсуждения учителем сообщения «Достижения и уровень знаний древних ученых-астрономов». В ходе обсуждения учителем акцентируется внимание на значимом количестве астрономических данных, накопленных в древних обсерваториях, об устройстве мира.
- Обсуждение картины мира, которая могла существовать в представлениях древних, и фактов, подтверждающих эти представления.
- Обсуждение проблемного вопроса о причинах изменений представления об устройстве мира, различиях нынешних и прошлых взглядов на его устройство.
- Формулировка цели урока о причинах и динамике изменения астрономической картины мира.





корпорация

российский
учебник

Методическая служба по физике :

Опаловский Владимир Александрович

Долгих Елена Николаевна

Opalovskiy.VA@rosuchebnik.ru

Dolgih.EN@rosuchebnik.ru

Тел.: 8-800-2000-550, доб. 28-46 Тел.: 8-800-2000-550, доб. 18-35

(звонки по России бесплатные)