

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.10.2026 12:14:44
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bdfd9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической работе
_____ Ю.А. Устименко
«__» _____ 2023 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.О.06.15 АСТРОНОМИЯ

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профиль): **Физика. Математика**

Форма обучения – очная

Курс – 5

Семестр – 10

Всего зачетных единиц – 2, часов – 72

Форма отчетности: зачет – 10 семестр

Программу разработал: старший преподаватель Семенкович И.М.

Одобрена на заседании кафедры
«08» июня 2023 г., протокол № 14

Заведующий кафедрой _____ Дюндин А. В.

Смоленск
2023

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Астрономия» относится к обязательной части Блока 1, и изучается на 5 курсе в 10 семестре.

Изучение данной дисциплины формирует такие же компетенции студентов, как в изученных ими ранее дисциплинах «Общая и экспериментальная физика», «Теория и методика обучения физике». Данная дисциплина сочетается и с теми, которые включены в майнор 2 "Современные методы исследования атомного ядра".

Учебный материал дисциплины подобран так, чтобы сформировать у студентов целостное представление об основных астрономических понятиях, явлениях и теориях, взаимосвязи астрономии с физикой и другими естественными науками. Он допускает возможность применения информационных средств. Таким образом, изучение дисциплины основано не только на традиционных методах обучения в вузах, но и учитывает современные методы, средства и технологии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ОПК-8. Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	Знать: объект, предмет, основные категории, принципы, закономерности, структуру педагогической науки; сущность, структуру, динамику целостного педагогического процесса; состояние и тенденции развития отечественных и международных педагогических и психологических исследований; методологию педагогического исследования; особенности, логику, закономерности, формы, методы и средства процесса обучения и воспитания; основы психологии личности, основные теоретические подходы к пониманию феномена личности; познавательные процессы, их свойства, закономерности и роль в интеллектуальной и творческой деятельности; общетеоретические основы методики преподавания предмета в объеме, необходимом для осуществления педагогической деятельности; строение и функции организма, основные закономерности развития человека; общие закономерности и возрастные особенности функционирования основных систем организма учащихся; гигиенические требования к организации образовательного процесса и гигиену учебного процесса; инструментальные средства информационных технологий. Уметь: применять теоретические знания в решении педагогических задач; планировать, проектировать и осуществлять педагогический процесс в различных типах образовательных учреждений; определять структуру и методологию проведения педагогического исследования; адекватно целям выстраивать учебный и воспитательный процесс, выбирая соответствующие формы, методы и средства его осуществления; использовать в педагогической деятельности и межличностном взаимодействии современные достижения психологической науки; учитывать возрастные физиологические особенности учащихся в педагогическом процессе; использовать информационные технологии для решения профессиональных задач. Владеть: категориальным аппаратом педагогической науки; навыками решения педагогических задач; способами планирования и осуществления образовательного процесса; способами проведения педагогического эксперимента; формами и методами осуществления учебной и воспитательной работы; приемами и методами психодиагностики личности, изучения особенностей профессиональной деятельности; навыками организации педагогической деятельности с позиций сохранения здоровья; методами профилактики нарушений физического развития и

	повышения адаптационных резервов организма; методами оказания первой доврачебной помощи; методами применения информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе.
ПК-6. Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	Знать: современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики; Уметь: анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач; Владеть: основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности.
ПК-8 Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин и решения естественнонаучных задач	Знать: основные методы обработки, структурирования, анализа и синтеза получаемой информации, основные определения, принципы и законы физики, методы физических исследований, базовые принципы постановки и решения естественнонаучных задач. Уметь: использовать физические и математические модели при решении практических задач, осуществлять учебный эксперимент и обрабатывать его результаты, доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть его следствия. Владеть: навыками методами обработки, анализа и синтеза информации, первичными навыками применения математического аппарата к решению конкретных задач в области физики.

3. Содержание дисциплины

Дисциплина содержит 6 разделов:

- раздел, посвященный умению визуально ориентироваться в созвездиях, применять астрономические инструменты наблюдения, карты (в том числе компьютерные) и атласы, а также знать наиболее существенные вопросы космонавтики;
- раздел астрометрии, в котором рассматриваются методы измерения расстояний до небесных объектов, их размеров, способы измерения времени, история календарей, формируется представление о небесной сфере и координатах объектов,
- раздел о строении Солнечной системы и видах движения входящих в неё тел, а также о физических характеристиках планеты, их естественных спутников и малых тела солнечной системы;
- раздел об астрофизике, посвященный изучению физики звезд, включая Солнце, их строению и источникам энергии, типам звезд и звездных сообществ;
- раздел о галактике Млечный Путь (Галактическая астрономия), в котором изучается строение, состав и динамика нашей галактики, звездные сообщества, а также вопросы о межзвездной среде и экзопланетах;
- раздел о внегалактической астрономии, в котором рассматривается классификация и взаимодействие галактик, их сообщества, активность, а также космологические вопросы, строение Вселенной, её эволюция, включая теорию Большого Взрыва.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего Часов	Формы занятий		
			лекции	практические занятия	самостоятельная работа
1.	Астрономические наблюдения и инструменты. Предмет астрономии	6	2	2	2
2.	Астрономические инструменты и космонавтика	6	2	2	2
3	Астрометрия. Небесные координаты	6	2	2	2
4	Измерение расстояний и времени	6	2	2	2
5	Солнечная система и небесная механика. Состав и строение Солнечной системы. Конфигурации и законы движения планет	6	2	2	2
6	Природа тел Солнечной системы	6	2	2	2
7	Астрофизика. Солнце и солнечная активность	6	2	2	2
8	Звезды и их типы	6	2	2	2
9	Галактическая астрономия. Млечный Путь. Звездные сообщества	6	2	2	2
10	Экзопланеты. Межзвездная среда	6	2	2	2
11	Внегалактическая астрономия. Галактики, их взаимодействие и сообщества.	6	2	2	2
12	Космология. Эволюция Вселенной	6	2	2	2
Итого		72	24	24	24

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1. Астрономические наблюдения и инструменты. Предмет астрономии

1. Что изучает астрономия, её особенности и связь с другими науками
2. Созвездия северного и южного неба
3. Видимое движение небесных объектов и изменение вида звездного неба
4. Особенности визуального наблюдения небесных объектов
5. Карты и атласы звездного неба

Лекция 2. Астрономические инструменты и космонавтика

1. Оптические телескопы
2. Радиотелескопы
3. Инструменты всеволновой и многоканальной астрономии
4. Обсерватории
5. История искусственных спутников Земли (ИСЗ)
6. Первая, вторая и третья космические скорости
7. История пилотируемых космических аппаратов (КА)

Лекция 3. Астрометрия. Небесные координаты

1. Основные точки и линии небесной сферы
2. Горизонтальная система координат

3. Первая и вторая экваториальные системы координат
4. Эклиптическая система координат
5. Галактическая система координат
6. Восход, заход и кульминация светил

Лекция 4. Измерение расстояний и времени

1. Форма и размеры Земли
2. Измерение расстояний до тел Солнечной системы, горизонтальный параллакс
3. Измерение размеров небесных тел
4. Измерение расстояний до звезд, годичный параллакс
5. Характерные времена и их измерение
6. Древние календари разных народов
7. Реформа календаря

Лекция 5. Солнечная система и небесная механика. Состав и строение Солнечной системы. Конфигурации и законы движения планет

1. Гелиоцентрическая система мира, состав и строение Солнечной системы
2. Конфигурация и условия видимости планет
3. Синодический и сидерический периоды
4. Законы Кеплера
5. Обобщение и уточнение Ньютоном законов Кеплера
6. Эфемериды
7. Движение и фазы Луны
8. Затмения Солнца и Луны

Лекция 6. Природа тел Солнечной системы

1. Общие характеристики планет земной группы
2. Система Земля – Луна. Приливы
3. Общие характеристики планет-гигантов
4. Карликовые планеты (Плутон)
5. Астероиды. Пояс Копейра
6. Кометы
7. Метеоры, болиды, метеориты
8. Облако Оорта

Лекция 7. Астрофизика. Солнце и солнечная активность

1. Состав и модель строения Солнца
2. Ядерные реакции, энергия и температура
3. Магнитное поле Солнца
4. Атмосфера Солнца
5. Солнечная активность

Лекция 8. Звезды и их типы

1. Физические характеристики звезд
2. Диаграмма Герцшпрунга - Рассела. Модели звезд Главной последовательности
3. Пульсирующие переменные и эруптивные звезды
4. Красные гиганты
5. Карлики и вспышки Новых
6. Вспышки Сверхновых и нейтронные звезды
7. Двойные и кратные звездные системы

Лекция 9. Галактическая астрономия. Млечный Путь. Звёздные сообщества

4. Строение Галактики
5. Собственные движения и лучевые скорости звезд галактического диска
6. Движение звёзд гало

7. Корона Галактики
8. Динамика Галактики
9. Звездное население и его классификация
10. Звездные ассоциации
11. Звёздные скопления

Лекция 10. Экзопланеты. Межзвездная среда

1. Экзопланеты
2. Землеподобные экзопланеты
3. Обнаружение туманностей
4. Формирование и классификация туманностей
5. Диффузные туманности (светлые, отражательные, тёмные)
6. Эмиссионные (газовые) туманности
7. Планетарные туманности
8. Объекты Хербига – Аро (HH).

Лекция 11. Внегалактическая астрономия. Галактики, их взаимодействие и сообщества

1. Обнаружение галактик и их классификация.
2. Физические свойства галактик
3. Движение галактик. Разбегание галактик, закон Хаббла.
4. Взаимодействие галактик.
5. Эволюция галактик. Звёздообразование
6. Активные галактические ядра (АГЯ), унифицированные модели АГЯ
7. Сообщества галактик (Местная группа галактик, скопления и сверхскопления галактик)

Лекция 12. Космология. Эволюция Вселенной

1. Крупномасштабная структура Вселенной
2. Модели Вселенной
3. Современная картина происхождения и эволюции Солнечной системы, звезд, Галактики, Вселенной.
4. Теория Большого Взрыва
5. Темное вещество (материя) и темная энергия
6. Черные дыры и методы их обнаружения
7. Сценарии образования черных дыр
8. Падение объектов в черную дыру
9. Явления и парадоксы черных дыр

Занятия семинарского типа

Практическое занятие 1. Астрономические наблюдения и инструменты. Предмет астрономии

Вопросы

1. Чем астрономия отличается от других наук о природе?
2. Какие нужды человечества в древности вызвали появление астрономии?
3. Что составляет предмет изучения астрономии?
4. Перечислите созвездия летнего неба в северном полушарии и их наиболее яркие звезды: а) летнего неба, б) осеннего неба, в) зимнего неба, г) весеннего неба
5. Сколько созвездий? А) всего, б) в небе северного полушария?
6. Что называют астеризмами? Приведите примеры
7. Каковы особенности визуального наблюдения звездного неба на широте Смоленска (Москвы)?

Задачи

1. Определить, какие созвездия и астеризмы летнего неба видны на широте Смоленска с помощью программы «карты неба» сайта Astronet.

2. Определить, какие созвездия и астеризмы осеннего неба видны на широте Смоленска с помощью программы StarCalk.
3. Определить, какие созвездия и астеризмы зимнего неба видны на широте Смоленска с помощью программы Stellarium.
4. Определить, какие созвездия и астеризмы весеннего неба видны на широте Смоленска с помощью подвижной карты звездного неба.

Практическое занятие 2. Астрономические инструменты и космонавтика

Вопросы

1. Какие существуют характеристики оптического телескопа?
2. Что такое сферическая аберрация, кома, астигматизм?
3. Что такое космическая скорость: а) первая, б) вторая, в) третья?
4. Сформулировать законы Кеплера в применении к движению искусственных спутников Земли.
5. Где больше скорость ИСЗ – в апогее или перигее?
6. По каким траекториям движутся космические аппараты: а) к Луне, б) к планетам?
7. При каком условии орбита космического аппарата находится: а) за пределами земной орбиты; б) внутри земной орбиты?

Задачи

1. В Главной астрономической обсерватории РАН в г. Пулково работает единственный в России длиннофокусный (10,4 м) рефрактор с апертурой 26 дюймов. Высочайшая точность позиционных наблюдений гарантирована на десятки лет и сравнима с точностью наблюдений космических телескопов (срок жизни которых лишь 3-6 лет, а стоимость исследований в сотни раз выше). Найти разрешающую силу и проникающую силу пулковского телескопа.
2. Найти фокусное расстояние окуляра для телескопа с фокусным расстоянием объектива $F_{об} = 1,2$ м, чтобы с его помощью можно было наблюдать диск Юпитера так же, как невооруженным глазом – диск Луны. В каком масштабе будут отображаться детали диска планеты на фотоснимке? Принять для расчетов угловой диаметр Юпитера $54''$. Диаметр Юпитера около 143 тыс. км.
3. Определите светосилу, разрешение, проникающую способность двух школьных телескопов:
 - 1) менисковый телескоп Максудова. апертурой 70 мм и фокусным расстоянием 70,4 см;
 - 2) телескоп-рефрактор – диаметр объектива 80 мм, фокусное расстояние 80 см. Найдите также для этих приборов наибольшее, наименьшее и разрешающее увеличения.
4. Ускорение силы тяжести на Марсе составляет 3,7 м/с², на Юпитере — 25 м/с². Рассчитайте первую космическую скорость для этих планет.
5. Какую начальную круговую скорость нужно сообщить телу, поднятому на высоту 630 км, чтобы оно превратилось в искусственный спутник Земли?

Практическое занятие 3. Астрометрия. Небесные координаты

Вопросы

1. Изобразите и назовите основные точки и линии небесной сферы
2. Каковы координаты горизонтальной системы?
3. Каковы координаты экваториальной системы: а) первой, б) второй?
4. Что такое кульминация светила: а) верхняя, б) нижняя?
5. Что такое восходящие и заходящие светила, незаходящие и невосходящие светила.
6. Под каким углом плоскость экватора Земли наклонена к плоскости эклиптики?
7. На сколько смещается Солнце по эклиптике за сутки?

Задачи

1. На поляне растет дуб высотой $a = 30$ м. Максимальная тень от кроны дуба равна $b = 40$ м. Найти высоту Солнца h (в горизонтальной с.к.).
2. Найдите минимальное и максимальное зенитные расстояния Солнца в полдень для Ростова на Дону ($\varphi = 47^{\circ}14'$ с.ш., $\lambda = 39^{\circ}43'$ в.д.)
3. Экваториальные координаты звезды $\alpha = 1,5^h$, $\delta = +16,3^{\circ}$. Какая это звезда?

4. В каких широтах возможно одновременное наблюдение Арктура (α Волопаса) и Хадара (β Центавра)? Координаты этих звезд считать равными $\alpha_1=14^h$, $\delta_1=+19^\circ$; $\alpha_2=14^h$, $\delta_2 = -60^\circ$ соответственно. Атмосферной рефракцией и поглощением света пренебречь.

5. Определите положение звезды в день весеннего равноденствия (21 марта) через час после захода Солнца в горизонтальной системе координат, экваториальные координаты которой $\alpha=7^h$, $\delta = 40^\circ$.

6. Определить с помощью ПКЗН количество дней пребывания Солнца в каждом из 13 зодиакальных созвездий. Результаты записать в таблицу.

Название зодиакального созвездия	Солнце в зодиакальном созвездии	
	Даты (от – до)	кол-во дней

Практическое занятие 4. Измерение расстояний и времени

Вопросы

1. Что называют параллаксом?
2. В чем состоит метод горизонтального экваториального параллакса?
3. Что нужно знать для вычисления:
 - а) расстояния до какого-либо тела Солнечной системы,
 - б) размера какого-либо тела Солнечной системы?
4. Назовите характерные времена. Как определяют Всемирное время?
5. Чему равен тропический год?
6. Насколько отличается солнечный час от звездного?
7. Когда произошла реформа календаря с переходом от юлианского к григорианскому? Когда в России был введен новый стиль?
8. В чем проблема старого стиля и какова погрешность нового стиля?

Задачи

1. Зная горизонтальный параллакс Луны ($p = 57'02''$) и экваториальный радиус Земли ($R = 6378$ км), найдите расстояние от Земли до Луны.
2. На каком расстоянии от Земли находится Сатурн, когда его горизонтальный параллакс равен $0,9''$?
3. Во сколько раз линейный радиус Солнца превышает угловой радиус Земли, если угловой радиус Солнца равен $16'$?
4. Чему равен линейный диаметр Луны, если она видна с расстояния 400 000 км под углом примерно $30''$?
5. Определить звездное время S прохождений Фомальгаута (α Южной Рыбы) через небесный меридиан. Экваториальные координаты звезды: прямое восхождение $\alpha = 22^h57^m39^s$; склонение $\delta = -27^\circ37'20''$.
6. Найти часовые углы звезд Кастора (α Близнецов) и Шеата (β Пегаса) в момент, когда часовой угол звезды Веги (α Лир) равен $4^h15^m10^s$. Прямое восхождение Кастора $7^h31^m25^s$, Веги $18^h35^m15^s$ и Шеата – $23^h01^m21^s$.
7. В момент верхней кульминации звезды Белатрикс ($\alpha = 5^h25^m$) в одном крупном южном российском городе часы, идущие точно по звездному гринвичскому времени, показывают 2^h13^m . Определить долготу данного пункта. Назовите этот город.
8. В Москве ($p_1 = 2$) 25 мая часы показывают 10^h45^m . Какое среднее, поясное и летнее время в этот момент в Новосибирске ($p_2 = 6$, $\lambda = 5^h31^m$)?

Практическое занятие 5. Солнечная система и небесная механика. Состав и строение Солнечной системы. Конфигурации и законы движения планет

Вопросы

1. Что понимают под соединением и противостоянием планеты? Какие типы соединений бывают?
2. Что называют конфигурацией планет? Какие существуют конфигурации: а) внутренних планет, б) внешних планет? (назвать и сделать рисунок)
3. Почему внутренние планеты лучше всего наблюдать в элонгациях?

4. Сформулируйте законы Кеплера в первоначальном виде. Почему движение планет происходит не в точности по законам Кеплера?
5. Дайте обобщенную формулировку первого закона Кеплера.
6. Что называют периодом обращения: а) синодическим, б) сидерическим?
7. Что такое: а) эксцентриситет эллипса, б) перигелий, в) афелий?
8. На какую примерно величину меняется прямое восхождение Луны за неделю?
9. Что называют: а) полным солнечным затмением; б) частным солнечным затмением; в) полосой полного солнечного затмения?

Задачи

1. Определить гелиоцентрическую долготу Земли и планет 21 марта, если в этот день Меркурий находился в верхнем соединении с Солнцем, Венера – в наибольшей западной элонгации ($\Delta\lambda = 47^\circ$), Марс – в противостоянии.
2. Через сколько дней после наибольшей западной элонгации Меркурия наступает его наибольшая восточная элонгация, если значения элонгаций близки к 28° ? Сидерический период Меркурия $T_M = 88$ сут.
3. Чему равен период максимального удаления Сатурна от Земли (в земных сутках), если его звездный период равен 29,46 лет?
4. Период обращения карликовой планеты Цереры вокруг Солнца составляет 1680 суток, или 4,6 земных года. Считая ее орбиту круговой, найти ее радиус.
5. Найти перигелийное и афелийное расстояния, сидерический и синодический периоды обращения, а также круговую скорость малой планеты Поэзия, если большая полуось и эксцентриситет её орбиты равны соответственно 3,12 а.е. и 0,144.
6. Найти массу Земли по характеристикам орбитального движения Луны вокруг нее: угловая скорость Луны 13,2 град./сутки, средний радиус орбиты $r = 3,8 \cdot 10^8$ м.
7. Определите максимальную фазу солнечного затмения и её продолжительность, если прицельное расстояние $\tau = 0$, видимые угловые диаметры Солнца и Луны $32'20''$ и $29'50''$ соответственно. Считайте, что средняя угловая скорость Луны $0,53$ град/ч, а Солнца – $2,463$ угл. мин/ч.

Практическое занятие 6. Природа тел Солнечной системы

Вопросы

1. Чем отличаются планеты от звезд?
2. Почему максимальная высота гор на Марсе больше, чем на Земле?
3. На каких планетах есть смена сезонов?
4. Почему средняя температура поверхности Венеры выше, чем у Меркурия, хотя она находится дальше от Солнца?
5. Чему равна температура поверхности Луны в «подсолнечной» точке?
6. Назовите основные формы рельефа Луны и элементы в составе лунных пород.
7. Перечислите общие свойства планет-гигантов, отличающие их от планет земной группы
8. У каких планет есть кольца и что это такое?
9. Сколько спутников у каждой из планет-гигантов? Назовите крупнейшие их спутники.
10. Какие астероиды получили название: а) «троянцев», б) «кентавров»?
11. Где расположены объекты пояса Койпера?
12. Что такое: комета, метеороид, метеор и метеорит?

Задачи

1. Вычислите температуру абсолютно чёрного шара, находящегося от Солнца на таком же расстоянии, что и Меркурий. (Известна солнечная постоянная для Земли – 1360 Вт/м^2).
2. Вычислить, на каком расстоянии от Земли находится точка, в которой притяжения Земли и Луны одинаковые. Расстояние между Землёй и Луной в 60 раз больше радиуса Земли, а их массы относятся как 81:1.
3. Определите массу Урана в единицах массы Земли, сравнивая движение Луны вокруг Земли с движением Титанией (спутника Урана), обращающегося вокруг Урана с периодом 8,7

сут. на расстоянии 438 000 км. (Период обращения Луны вокруг Земли равен 27,32 сут., среднее расстояние между ними составляет 384 000 км).

4. Синодический период обращения одного из астероидов составляет 3 года. Каков звездный период его обращения около Солнца?

5. Зная, что период обращения потока Леонид равен 33,24 лет, определить большую полуось их орбиты.

6. Молекулы циана (CN) выделяются с поверхности кометного ядра при температуре 200^0 С под действием солнечных лучей. Покинут ли они ядро кометы, если оно представляет собой глыбу диаметром 100 м, имеющую плотность $2,7 \text{ г/см}^3$?

Практическое занятие 7. Астрофизика. Солнце и солнечная активность

Вопросы

1. Модель строения Солнца
2. Какие реакции происходят в ядре Солнца?
3. Какова температура в ядре и на поверхности Солнца?
4. Что такое солнечная постоянная и чему равна?
5. Сколько массы теряет Солнце за 1 секунду?
6. Что представляют собой солнечные пятна и какова их температура?
7. Каково строение атмосферы Солнца?
8. Сравните среднюю плотность Солнца с плотностью воды при нормальных условиях.
9. Каким образом излучение, генерируемое в центральных областях Солнца, достигает его поверхности? Сколько времени занимает этот процесс?
10. Каковы особенности вращения Солнца вокруг своей оси?

Задачи

1. По известному горизонтальному параллаксу Солнца ($8'',794$) и его угловому диаметру ($32'$) определить линейный диаметр светила по сравнению с диаметром Земли, а также диаметр солнечного пятна, видимого с Земли под углом $24''$.
2. Чему равна работа сил тяготения, необходимая для сжатия Солнца от протозвезды «бесконечно» больших размеров до современного значения его радиуса $6,9 \cdot 10^5 \text{ км}$?
3. Определите интервал температур $[T_1, T_2]$, соответствующий колебаниям солнечной постоянной от $K_1 = 1347 \text{ Вт/м}^2$ до $K_2 = 1397 \text{ Вт/м}^2$. Видимый диаметр Солнца $32'$. Постоянная Стефана –Больцмана $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/ (м}^2 \cdot \text{К}^4)$.
4. По промежутку времени между снимками солнечных пятен 2,0 суток и углу поворота их относительно центрального меридиана 24^0 определите звёздный и синодический периоды вращения Солнца вокруг своей оси.

Практическое занятие 8. Звезды и их типы

Вопросы

1. Что является источником энергии звёзд?
2. Приведите характерные особенности разных моделей звезд.
3. Как определяются расстояния до более далеких звезд?
4. Что такое блеск звезды, абсолютная звёздная величина?
5. Какая зависимость отображена на ГР-диаграмме? Охарактеризуйте спектральные классы.
6. Каковы механизмы вспышки: а) Сверхновой звезды; б) Новой звезды?
7. Что такое «нейтронная звезда»? Приведите примеры (с указанием их обозначения в каталогах и расположения на картах).
8. Что такое «белый карлик»? Приведите примеры (с указанием их обозначения в каталогах и расположения на картах).
9. Чем оптические двойные звезды отличаются от физических двойных?
10. Что такое: а) цефеиды, б) лириды, в) мириды? Приведите примеры (с указанием их обозначения в каталогах и расположения на картах).

Задачи

1. Звезда Альтаир (α Орла) имеет годичный параллакс 0,194». Собственное движение звезды составляет 0,658». По данным спектроскопических измерений, лучевая скорость Альтаира – 26,3 км/с. Найти тангенциальную и пространственную скорости звезды.
2. Видимая звездная величина Веги (α Лиры) составляет 0,14m, а ее годичный параллакс – 0,129". Для звезды Сададьсууд (β , ярчайшая звезда Водолея) эти цифры – 2,91m и 0,005" соответственно. Найти отношение блесков и светимостей этих звезд.
3. Звезда имела в зените видимый блеск 0m, а на высоте 30° стала светить вдвое слабее. Какую звездную величину она будет иметь на высоте 20° над горизонтом? Атмосферные условия считать постоянными и однородными.
4. Более 100 лет назад (в июне 1918 г.) в созвездии Орла вспыхнула новая звезда. За 4 суток ее блеск увеличился с 11 m до (-0,5 m). Было установлено относительное смещение одной из линий в ее спектре на 0,6%. Найти, во сколько раз увеличилась светимость звезды в процессе вспышки. Определить также стартовую скорость разлета ее оболочки.
5. Звезда А вдвое горячее, вдвое дальше и выглядит на 2m ярче, чем звезда В. Найдите соотношение размеров звезд. Межзвездное поглощение не учитывать.
6. Во сколько раз изменится радиус цефеиды, если амплитуда изменения её блеска равна 1,5 зв. величины, а яркость единицы поверхности по предположению останется постоянной?

Практическое занятие 9. Галактическая астрономия. Млечный Путь. Звёздные сообщества

Вопросы

1. Что такое галактика?
2. Каково строение Галактики?
3. Что такое «рукава» Млечного Пути и сколько их?
4. Каковы характерные размеры Галактики?
5. Опишите галактическую систему координат.
6. Что такое галактический год и чему он равен?
7. Какое место в структуре Галактики занимает Солнце?
8. Как оценить скорость звёзд гало? Каковы они по порядку величины?
9. Что такое скопление звезд? Чем рассеянные звездные скопления отличаются от шаровых?
10. Что такое звездные ассоциации?

Задачи

1. Координаты северного полюса средней линии Млечного Пути, рассматриваемой как большой круг сферы, равны $\alpha = 12^h 40^m$, $\delta = +28^\circ$. Когда и в каком месте Солнце, при своём годичном движении по эклиптике, пересекает Млечный путь?
2. Квазар 3C 273 (один из самых близких) имеет блеск $m = 12^m,88$. Красное смещение его линий излучения равно $z = 0,158$, а угловой диаметр оболочки $d = 1''$. Сравните размеры оболочки квазара с диском Галактики, а блеск – с блеском полной Луны, считая, что квазар расположен в ядре Галактики.
3. Влияние вращения звёзд около центра Галактики на их лучевые скорости выражается формулой $\Delta v_r = A r \sin(l - l_0)$, где l – галактическая долгота звезды, $l_0 = 325^\circ$ – галактическая долгота направления к центру Галактики, r – расстояние звезды в парсеках, $A = 0,020$ км/с на парсек. Для группы звёзд, находящихся на небольшом участке неба с галактической долготой $l = 345^\circ$, средняя лучевая скорость, исправленная за все известные эффекты, оказалась равной 30 км/с. Каково её расстояние от Солнца, эта скорость обусловлена галактическим вращением?

Практическое занятие 10. Экзопланеты. Межзвездная среда

1. Что называют экзопланетами?
2. В каком году и какая была обнаружена первая экзопланета? (название экзопланеты, в какой звездной системе находится, в каком созвездии)
3. Какая из обнаруженных экзопланет самая дальняя? (название экзопланеты, в какой звездной системе находится, в каком созвездии)

4. Какое количество экзопланет, по оценкам астрономов, может быть в Млечном Пути и сколько из них – землеподобных?
5. Что означает выражение «жилая зона» экзопланеты?
6. Каково соотношение межзвездного газа и пыли?
7. Что такое планетарные туманности?
8. Что из себя представляют темные туманности?
9. Чем отражательные туманности отличаются от эмиссионных?
10. Какими способами (методами) обнаруживают темные туманности?

Задачи

1. Оцените минимальный период суточного вращения планеты земного типа, на которой возможно возникновение и эволюция жизни. (Указание. Условием поддержания постоянства температуры в небольшом диапазоне следует считать динамическую устойчивость атмосферы, на молекулы которой действуют центробежные силы. Очевидно, эти силы должны быть малы.)

2. В статье 1974 г. советского радиоастронома Николая Кардашёва «Передача информации внеземным цивилизациям» был предложен метод измерения технологического развития цивилизации по уровню сознательно используемой энергии. По шкале Кардашёва возможны цивилизации трёх типов: I тип – использование всех доступных ресурсов своей планеты, II тип – использование энергетического потенциала своей звезды, III – использование энергетического потенциала своей галактики. В дополнение американский астроном Карл Саган ввел промежуточные индексы по формуле

$$K = 0,1 \cdot \lg W - 0,6.$$

(W – энергопотребление в ваттах). Для землян в 1900 г. оказалось $K = 0,58$, в 1970 г. $0,67$, в 1985 г. $0,69$, в 2010 г. $0,72$. Постройте по эти точкам график зависимости K от времени (года) и определите с точностью ± 20 лет, в каком году значение K достигнет 1.

3. Как далеко от Солнца находится шаровое скопление, если в нем зарегистрировано несколько цефеид с видимым блеском $+14m,2$? Абсолютная звездная величина объектов, определенная по периоду пульсации их блеска, равна $+0m,7$.

4. Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет угловой диаметр $83''$ и находится от нас на расстоянии в 660 парсеков. Каковы её линейные размеры в астрономических единицах?

5. В газовом облаке, которое окружает горячую звезду, наблюдаются мощные потоки атомарного водорода. Одна из спектральных линий атомарного водорода имеет длину волны $\lambda_0 = 656,3$ нм. Определите доплеровское смещение $\Delta\lambda$ этой линии, если наблюдать её под прямым углом к направлению потока атомов водорода с кинетической энергией $W_k = 1,0$ МэВ.

Практическое занятие 11. Внегалактическая астрономия. Галактики, их взаимодействие и сообщества

Вопросы

1. Охарактеризуйте основные типы галактик по классификации Хаббла
2. Какие три галактики, кроме Млечного Пути и галактики Андромеды, можно увидеть невооруженным глазом?
3. Каковы размеры галактики Андромеды?
4. Перечислите пять способов определения расстояний до объектов, находящихся за пределами Млечного Пути.
5. Каковы современные представления об эволюции галактик?
6. Как происходит взаимодействие галактик? Приведи те примеры.
7. Что называют активными галактическими ядрами (АГЯ)?
8. Какие галактики образуют Местную группу галактик?
9. Что такое радиогалактика? Приведите примеры.
10. Какие галактики являются спутниками Млечного Пути и какково их взаимодействие?

Задачи

1. Оцените угловые размеры Туманности Андромеды, если её линейные размеры составляют $D \approx 67$ кпк. Расстояние до галактики равно около 770 кпк.

2. Для далекой спиральной галактики того же типа, что и наша Галактика Млечный Путь зарегистрировано красное смещение 0,01. На угловом расстоянии 5' от нее замечен ее спутник – карликовая галактика. Оцените период ее обращения вокруг большой галактики.

3. В созвездии Треугольника расположена галактика М33 – самый дальний от Земли объект (расстояние до нее 0,95 Мпк), который можно увидеть невооруженным глазом (видимая звездная величина +5,7m). Оцените видимую звездную величину Млечного Пути при наблюдении его из М33, считая его системой из 200 млрд звезд с солнечной светимостью. (Абсолютную звездную величину Солнца принять приближенно равной $M = 5m$.)

4. Найдите лучевую скорость галактики, имеющей видимую звездную величину +14m,7 и расстояние до нее, если линия водорода ($\lambda_0 = 434$ нм) смещена к красному краю на $\Delta\lambda = 16,5$ нм. Определите также абсолютную звездную величину и светимость галактики. Постоянную Хаббла принять равной 67 (км/с)/Мпк.

Практическое занятие 12. Космология. Эволюция Вселенной

Вопросы

1. Что называют космологией и какие у неё задачи на данном этапе развития?
2. Как получают экспериментальные факты в космологических исследованиях?
3. Что такое Вселенная, Метагалактика и в чём различие этих понятий?
4. Как оценить и для чего необходимо знать критическую плотность Вселенной?
5. Свидетельством каких процессов является реликтовое излучение? Почему?
6. Что такое: а) темная материя, б) темная энергия и чем отличается от понятия темной материи?
7. Что понимают под черной дырой? Назовите четыре сценария образования черных дыр
8. Назовите методы обнаружения черных дыр
9. Перечислите не квантовые и квантовые явления в черных дырах
10. Сформулируйте парадоксы черных дыр

Задачи

1. Вычислите возраст Вселенной, используя закон Хаббла.
2. Определите, каково расстояние до галактики, если в ней обнаружена новая звезда, видимая звездная величина которой +18, а абсолютная звездная величина равна –7.
3. Механизм проявления «темной энергии» заключается в космическом разбегании барионного и темного вещества Вселенной вследствие «накопления» эффекта отрицательного давления вакуума – в отличие от упомянутого вещества он, согласно модели Эйнштейна-Глинера, всюду во Вселенной имеет постоянную плотность. При достижении некоторого критического радиуса области ее поверхность становится «сферой нулевого ускорения». Сила отталкивания растет линейно с расстоянием:

$$F_{отт} = G \frac{4\pi}{3} 2\rho_v mR.$$

Здесь ρ_v – плотность вакуума, m – масса тела; R – расстояние от центра взаимодействующего с телом объекта. Принимая массу материи, заключенной внутри «сферы нулевого ускорения», равной $M = 8 \cdot 10^{14} M_{\odot}$ (солнечных масс), а радиус сферы, согласно расчетам, $3 \cdot 10^{24}$ м, оцените плотность вакуума ρ_v .

Самостоятельная работа

Раздел 1. Астрономические наблюдения и инструменты

Тема 1.1. Предмет астрономии

Вопросы (задания)

1. Считается, что немецкий астроном Иоганн Байер в своем звездном каталоге «Уранометрия» ввел систему обозначений звезд в пределах каждого созвездия – буквами греческого алфавита (α , β , γ и т.д.) в порядке убывания их блеска. Однако в ряде случаев это правило не соблюдается, даже для самых известных созвездий (Большой Медведицы, Ориона,

- Геркулеса, Близнецов). Какой иной критерий, на ваш взгляд, мог использовать Байер, например, для обозначений α и β Близнецов (Кастора и Поллукса)?
2. Изготовить подвижную карту звездного неба и сделать скан летних созвездий северного неба на дату летнего солнцестояния.
 3. Изучить меню программы «Карты неба» сайта «Astronet» и сделать скан осенних созвездий северного неба на дату осеннего равноденствия.
 4. Изучить интерфейсы программы StarCalk и сделать скан зимних созвездий северного неба на дату зимнего солнцестояния.
 5. Изучить интерфейс программы Stellarium и сделать скан весенних созвездий северного неба на дату весеннего равноденствия.
 6. С помощью программы StarCalk или Stellarium определить характеристики самых ярких звезд астеризмов (сделать сканы).
 7. С помощью программы StarCalk или Stellarium определить характеристики планет (сделать сканы).
 8. Какие каталоги существуют и как обозначаются в каждом из них объекты космоса?
 9. Выписать по 3 примера названий звезд и объектов дальнего космоса из трёх каталогов, включая каталог Мессье.
 10. Каковы особенности визуального наблюдения звездного неба на широте Смоленска (Москвы)?

Тема 1.2. *Астрономические инструменты и космонавтика*

Вопросы

1. Перечислите наиболее важные научные результаты, полученные на российском большом азимутальном телескопе.
2. Назовите несколько крупных научных результатов, полученных орбитальным телескопом «Хаббл».
3. Каковы границы диапазона радиоволн, которые способны проходить через земную атмосферу. Чем обусловлены эти границы?
4. Приведите примеры крупнейших наземных телескопов в мире: а) оптических, б) радиотелескопов.
5. Назовите советских и российских космонавтов, совершивших полёты в космос.
6. Какие орбиты называют геостационарными?
7. Какое важнейшее событие в отечественной космонавтике произошло (кто/что, название космического аппарата): а) 4 окт. 1957 г., б) 7 окт. 1959 г., в) 12 апр. 1961 г., г) 12 окт. 1964 г., д) 18 мар. 1965 г., е) 1 мар. 1966 г., ж) 3 апр. 1966 г., з) 18 окт. 1967 г., и) 30 окт. 1967 г., к) 21 сен. 1969 г., л) 24 сен. 1970 г., м) 17 нояб. 1979 г., н) 15 дек. 1970 г., о) 19 апр. 1971 г., п) 2 дек. 1971 г., р) 10 и 14 окт. 1983 г., с) 15 и 21 дек. 1984 г., т) 20 фев. 1986 г., у) 9 мар. 1986 г., ф) янв. 1989 г.?
8. Какие исследовательские задачи решались на Луне советским автоматическим самоходным аппаратом «ЛУНОХОД-1»?
9. Какую цифру «пропечатал» колесами на лунном грунте «ЛУ-НОХОД-1» в марте 1971 г. по команде операторов с Земли?
10. Какой рекорд установил в 1973 г. на Луне советский самоходный аппарат «ЛУНОХОД-2» (который только в 2015 г. был превзойден марсоходом НАСА «Opportunity»)?

Задачи

1. Найдите угловое разрешение системы из наземного радиотелескопа и космического аппарата «Радиоастрон» в режиме радиоинтерферометра, если «Радиоастрон» удален от Земли на 330 000 км, а наблюдения проводятся на длине волны 18 см.
2. Диаметр объектива рефрактора $D = 20$ см, фокусное расстояние $F = 3$ м. Определите угловое разрешение $\Delta\varphi$ для визуальных наблюдений (принять среднюю длину волны $\lambda = 0,5$ мкм). Чему равно увеличение при использовании окуляра с фокусным расстоянием $f = 10$ мм?
3. С помощью телескопа с апертурой 33 см получают снимок двойной звезды β Лебеда, расстояние между компонентами которой равно $35''$. Масштаб изображения в фокусе составил $1'/\text{мм}$. Найти фокусное расстояние и светосилу телескопа, а также линейное расстояние между компонентами звезды.

- Сравните разрешающую силу крупнейшего российского рефлектора БТА (диаметр зеркала $D=6$ м) и радиотелескопа РТ с антенной диаметром $D_1 = 100$ м, работающего на «солнечной длине» волны $\lambda = 10,7$ см.
- Найти разрешение радиоинтерферометра отечественной сети «Квазар КВО», исследования на котором начались в 2005 г. Антенны сети расположены на расстоянии 5500 км (поселок Светлое под Санкт-Петербургом и урочище Бодары, Бурятия). Длину волны принять равной 10 см
- Первый искусственный спутник Земли двигался на высоте 950 км над поверхностью Земли. Вычислите скорость этого спутника.

Раздел 2. Астрометрия

Тема 2.1. Небесные координаты

Вопросы

- Можно ли использовать горизонтальные координаты для создания карты звездного неба? (Ответ обосновать.)
- Чем видимый горизонт отличается от истинного (математического)?
- Как пересчитать координаты первой и второй экваториальных систем?
- Космолет полетел в созвездие Цефея. В чем логическая ошибка этой фразы? Как следовало бы написать эту фразу писателю-фантасту?
- Почему на небесном глобусе в созвездии Ориона звезды Бетельгейзе и Саиф расположены правее звезд Беллатрикс и Ригель, а на звездных картах – наоборот, левее?
- На каких широтах земного шара Солнце может оказаться в зените? Укажите цифры – границы такого диапазона.
- В каких точках небесный экватор пересекается с эклиптической?
*«Три прыжка зверем сделаны, три пары следов им оставлены...
 Сердце короля-мученика под ними не замечено –
 не дает остановиться гордый страж, позади шествующий...»*
 О каких созвездиях и звездах идет речь в этом стихе?
- Опишите устройство армиллярной сферы

Задачи

- Найдите яркие звезды на карте по их приблизительным координатам, запишите их названия: 1) $\alpha = 12^h$, $\delta = +54^\circ$; 2) $\alpha = 5^h 17^m$, $\delta = +46^\circ$; 3) $\alpha = 0^h 08^m$, $\delta = +29^\circ$; 4) $\alpha = 0^h 09^m$, $\delta = +60^\circ$; 5) $\alpha = 5^h 25^m$, $\delta = +6^\circ$.
- Найдите высоту одной из ближайших ярких звезд – α Малого Пса (склонение $\delta = +5^\circ$), когда она находится в меридиане Севастополя (широта города $\varphi = 44,5^\circ$).
- Грандиозное украшение звездного неба – созвездие Орион – относится к Южному полушарию неба. Почему же в зимнее время его звезды видны высоко сияющими над горизонтом в средних широтах Северного полушария? Оцените эту высоту для кульминирующих звезд пояса Ориона, если их среднее склонение $\delta = -1^\circ$, а наблюдение проводится на широте Краснодара. Широту предлагается определить самостоятельно приблизительно, на основе знания школьной географии, с точностью $\pm 2^\circ$
- Определите с помощью подвижной карты звездного неба координаты α и δ Солнца в указанные даты, а также время восхода и захода в эти дни: 25 сентября, 7 ноября, 5 декабря, 19 февраля, 8 марта, 12 апреля, 9 мая.
- Какие яркие звезды кульминируют: 22 сентября, 22 декабря, 22 марта, 22 июня?
- Какие созвездия никогда не заходят в Вашей местности?

Тема 2.2. Измерение расстояний и времени

Вопросы

- Меняется ли и по какой причине горизонтальный параллакс Солнца в течение года?
- Что такое: а) звездное время; б) звездные сутки; в) истинные солнечные сутки?
- Для чего ввели понятия среднее солнце и среднее солнечное время?

4. Что такое уравнение времени и каков его график?
5. Чем объясняется введение поясной системы счета времени и как вычислить поясное время?
6. Определите по карте географическую долготу вашего учебного заведения. Вычислите местное время для этой долготы. На сколько оно отличается от времени, по которому вы живете?
7. Чему равен горизонтальный параллакс Юпитера, наблюдаемого с Земли в противостоянии, если Юпитер в 5 раз дальше от Солнца, чем Земля

Задачи

1. Расстояние Луны от Земли в ближайшей к Земле точке орбиты (перигее) 363 000 км, а в наиболее удаленной (апогее)— 405 000 км. Определите горизонтальный параллакс Луны в этих положениях.
2. Чему равен угловой диаметр Солнца, видимого с Плутона? Горизонтальный экваториальный параллакс кометы по наблюдениям составил $14''{,}5$; голова была видна под углом $15'$; хвост протянулся по небесной сфере на 8^0 . Определите поперечник головы кометы и минимально возможную длину ее хвоста.
3. По известному горизонтальному параллаксу Солнца ($8''{,}794$) и его угловому диаметру ($32'$) определить линейный диаметр светила по сравнению с диаметром Земли, а также диаметр солнечного пятна, видимого с Земли под углом $24''$.
4. Определите максимальный линейный размер Большого Красного пятна Юпитера и поперечник радиационного пояса планеты гиганта. Видимый угловой размер пятна с Земли составляет $10''$. Радиоизлучение Юпитера фиксируется в секторе до $13',7$ от его центра. Параллакс планеты считать равным $2''{,}09$.
5. Найти положение центра масс системы «Земля-Луна». Принять $R_3 = 6370$ км, $M_{\text{Л}} = 12,3\%$ от M_3 и $R_3 = 60 \cdot R_{\text{Л}}$.
6. Найдите звездное время по часовому углу звезды $t = 126^0 11' 28''$. Прямое восхождение светила $\alpha = 22^{\text{ч}} 08^{\text{м}} 24^{\text{с}}$
7. Во Владивостоке ($\lambda_1 = 84^{\circ}47'$, $n_1 = 9$) 15 мая часы показывают $17^{\text{ч}}45^{\text{мин}}$. Какое в этот момент среднее, поясное и летнее время в Омске ($\lambda_2 = 4^{\circ}54'$, $n_2 = 5$)?
8. Самолет вылетел 10 ноября из Екатеринбурга ($n_1 = 4$) в $11^{\text{ч}}20^{\text{мин}}$ и прибыл точно по расписанию в Иркутск ($n_2 = 7$) в $17^{\text{ч}}45^{\text{мин}}$. Сколько времени он летел и какие моменты вылета и прибытия указаны в расписании?
9. Ломоносов М. В. Родился 8 ноября 1711 г. Какого числа по новому стилю отмечалось 300-летие великого русского ученого?

Раздел 3. *Солнечная система и небесная механика*

Тема 3.1. *Состав и строение Солнечной системы. Конфигурации и законы движения планет*

Вопросы

1. Какие планеты могут находиться в противостоянии, а какие не могут?
2. Что такое; а) квадратура, б) элонгация? Какие типы квадратур и элонгаций существуют?
3. В какой конфигурации может находиться любая планета?
4. Какова связь между типом элонгации и условием видимости планеты?
5. Определение периода: а) синодического, б) сидерического
6. Как определить звездный период обращения планеты вокруг Солнца, зная синодический период?
7. Как вычислить расстояние от планеты до Солнца: а) в перигелии, б) в афелии, в) среднее?
8. Как меняется скорость планеты при ее перемещении от афелия к перигелию?
9. Дайте определения понятиям «истинная аномалия», «средняя аномалия».
10. Какие эфемериды существуют: а) названия, б) для чего нужны (каждая из названных)?
11. Каков минимальный промежуток времени между солнечным и лунным затмениями?
12. Почему затмения Луны и Солнца не происходят каждый месяц?
13. Почему полное солнечное затмение длится всего лишь несколько минут?
14. Назовите даты лунных и солнечных затмений в период с 2022 по 2025 годы.
15. Что такое транзит планеты? Назовите даты транзитов Меркурия и Венеры в XX и XXI веках

Задачи

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. Зная, что *Сатурн* совершает один оборот за 29,7 лет, найдите промежуток времени между его противостояниями.
3. Оцените, сколько примерно времени и когда (утром или вечером) может наблюдаться Венера, если она удалена к востоку от Солнца на 45° .
4. Звездный период обращения Юпитера равен 12 годам. Через какой промежуток времени повторяются его противостояния?
5. Вычислите периоды обращения вокруг Солнца планеты Венера и астероида Европа, у которых средние гелиоцентрические расстояния соответственно равны 0,723 а.е. и 3,10 а.е.
6. Сколько времени надо лететь с Земли на Марс, если двигаться по орбите, перигелийное расстояние которой равно расстоянию от Земли до Солнца, а афелийное равно 1,5 а.е.?
7. У орбиты кометы *Энке* большая полуось равна 2,22 а.е., а эксцентриситет равен 0,847. Начертите орбиту кометы. Определите по чертежу её расстояние от Солнца: а) в перигелии; б) в афелии.
8. Скорость кометы, движущейся по параболической орбите, обратно пропорциональна квадратному корню из её расстояния до Солнца. На расстоянии от Солнца до Земли скорость кометы 40 км/с. Какова её скорость на расстоянии 100 тысяч а.е. от Солнца?

Тема 3.2. Природа тел Солнечной системы

Вопросы

1. Каковы значения (в км): а) толщины коры Луны, б) толщины мантии Луны, в) радиус ядра Луны?
2. Как, согласно одной из основных современных гипотез, образовалась Луна? Какие еще гипотезы происхождения Луны в настоящее время сохраняют свою актуальность?
3. Определите диаметр (в км), год утверждения МАС названия кратера и местонахождение на Луне: а) Гагарин; б) Королёв; в) Ландау? (Сделайте сканы с атласа и укажите стрелками)
4. Определите размер (в км), год утверждения МАС названия долины и местонахождение на Луне: а) Планка; б) Снеллиуса; в) Шрёдингера? (Сделайте сканы с атласа и укажите стрелками)
5. На какой стороне Луны находится (+ фото с указателями-стрелками) море: а) Море Нектара, б) Море Изобилия, в) Море Спокойствия, г) Море Москвы, д) Море Мечты? (Сделайте сканы с атласа и укажите стрелками)
6. На какой стороне Луны находится (фото с указателями-стрелками) озеро: а) Озеро Справедливости, б) Озеро Надежды, в) Озеро Настойчивости, г) Озеро Радости, д) Озеро Счастья, е) Озеро Удовольствия? (Сделайте сканы с атласа и укажите стрелками)
7. Определите координаты, ширину (в км) и высоту (в км) пика: а) Пик Ампера; б) Пик Вольфа; в) Пик Гюйгенса; г) Пик Рюмкера? (Сделайте сканы с карт и укажите стрелками)
8. Определите координаты и длину (в км) лунных гор: а) Кавказ; б) Рифейские? (Сделайте сканы с карт и укажите стрелками)
9. Координаты, ширина (в км) и высота (в км): а) Пик Ампера; б) Пик Вольфа; в) Пик Гюйгенса; г) Пик Рюмкера?
10. Кто и когда открыл структуру колец Сатурна? Когда была впервые обнаружена их тонкая структура и какое «именное» название она получила?
11. Датский астроном Оле Рёмер (1644—1710) обнаружил в 1675 г., что затмение спутников Юпитера наступает раньше предвычисленных моментов при меньших расстояниях между Землёй и Юпитером и позже — при больших расстояниях между ними. Какой чрезвычайно важный физический вывод сделал Рёмер из этих наблюдений, и какую фундаментальную физическую константу он при этом впервые определил?
12. Какие кометы относят к короткопериодическим?

13. Перечислите три основных типа кометных хвостов. Укажите их характерные особенности.
14. Назовите яркие кометы начала текущего столетия и укажите годы прохождения ими перигелия.
15. Что такое радиант метеорного потока? В какое время суток фиксируется наибольшее количество метеорных вспышек и почему?

Задачи

1. Чему равна «солнечная постоянная» на планете Марс? Среднее расстояние от Марса до Солнца равно $1,52 \text{ а.е.}$
2. Период обращения Сатурна вокруг Солнца $T = 29.5$ года. Каково среднее расстояние от Сатурна до Солнца?
3. Пользуясь справочниками, заполните таблицу с основными физическими характеристиками планет-гигантов:

<i>Физические характеристик планет</i>	<i>Юпитер</i>	<i>Сатурн</i>	<i>Уран</i>	<i>Нептун</i>
Масса (в массах Земли)				
Диаметр (в диаметрах Земли)				
Плотность, кг/м^3				
Период вращения				
Температура атмосферы, $^{\circ}\text{C}$;				
Химический состав				
Расположение колец в плоскости относительно орбиты				
Число спутников				
Названия самых крупных спутников				

Заполнив таблицу, сделайте выводы и укажите сходства и различия между планетами-гигантами (заполните пропущенные слова):

«Планеты-гиганты - это ... тела, которые ... атмосферу и кольца, быстро ... вокруг своих осей. Основные компоненты всех планет-гигантов — ... и Вокруг них движется ... спутников. По мере удаления от Солнца и уменьшения планеты-гиганта количество спутников ... , а количество крупных спутников

Раздел 4. *Астрофизика*

Тема 4.1. *Солнце и солнечная активность*

Вопросы

1. В направлении какого созвездия движется Солнце по галактической орбите?
2. В каком созвездии находится апекс Солнца?
3. Чему равно среднее расстояние между звездами в окрестностях Солнца?
4. Что характеризует числа Вольфа?
5. Что такое Фраунгоферовы линии?
6. Что представляют собой солнечные: а) факелы, б) флоккулы, в) протуберанцы?
7. Как связаны свойства солнечного ветра с активностью Солнца?
8. Нарисуйте и объясните схему магнитного поля Земли.
9. Каков механизм поглощения УФ-излучения Солнца в земной атмосфере?
10. Что представляет собой и как образуется Полярное сияние?

Задачи

1. Найдите среднюю квадратичную скорость теплового движения атомов водорода в центре Солнца ($T \approx 14$ млн К) и на поверхности светила (6000 К). Массу атомов водорода принять равной $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.
2. Самое маленькое солнечное пятно, видимое нами, имеет диаметр $0'',7$. Каков его линейный диаметр? Сравнить с диаметром Земли. Какой угловой диаметр должно иметь солнечное пятно, чтобы его линейный диаметр был равен диаметру Земли?
3. Скорость суточного вращения солнечных пятен равна $u = 14^{\circ},37 - 2^{\circ},79 \sin^2(\varphi)$, где φ - гелиографическая широта пятен. Каков период вращения Солнца: а) на экваторе, б) на широте 30° , в) на широте 45° ?

4. Какая масса метеорного вещества падала бы с высоты 100 м и приобретала в конце падения кинетическую энергию, равную энергии Солнца, получаемой $10\text{ квадратных метрами}$ земной поверхности за час? Учесть, что 50% энергии Солнца поглощается атмосферой Земли. Механический эквивалент тепла равен 427 кдж .

Тема 4.2. Звезды и их типы

Вопросы

1. Как определяются расстояния до звезд, находящихся в окрестностях Солнца в сфере радиусом до 100 световых лет ?
2. Что такое «эддингтоновский предел»? Какие ограничения на массу звезд следуют из него?
3. Запишите схему ядерной реакции а) протон-протонного цикла, б) углеродно-азотного цикла. Укажите время протекания процессов и выделяющуюся энергию.
4. Запишите схему ядерной реакции углеродно-азотного цикла. Укажите время протекания процессов и выделяющуюся энергию.
5. Чем отличается строение разных типов звезд? Какова роль конвективной зоны?
6. Какой физический параметр положен в основу принятой последовательности спектральных классов звезд?
7. Как определяется разность в блеске двух звезд?
8. Судя по цвету звезд Бетельгейзе и Ригеля, определите, какая из них горячее.
9. Как с помощью диаграммы «спектр – светимость» можно определить расстояния до звезд?
10. Какова взаимосвязь между светимостью, массой и радиусом звезды?
11. Что означает понятие «красный гигант»?
12. В каких случаях результатом конечной стадии эволюции звезды является: а) гелиевый белый карлик, б) углеродно-кислородный карлик, в) O-Ne-Mg-карлик?
13. Приведите примеры Новой и Сверхновой (с указанием их обозначения в каталогах и расположения на картах).
14. Каковы характеристики нейтронной звезды? Приведите примеры самых массивных нейтронных звезд.
15. Какова средняя плотность вещества белого карлика?

Задачи

1. Определите величину и направление пространственной скорости Денеба (α Лебедя). Известно, что его лучевая скорость равна -5 км/с , годичный параллакс $0'',004$ и собственное движение $0'',003$.
2. Найдите диаметр звезды Альфард (α Гидры), если температура фотосферы звезды – около 4000 К , светимость в единицах светимости Солнца равна 430 .
3. Определите общую массу двойной звезды Дубхе (α Большой Медведицы), если ее параллакс $0'',031$, период обращения звезды меньшей массы $44,7$ года, большая полуось ее орбиты видна под углом $\sigma = 0'',63$.
4. Светимость Кастора (α Близнецов) равна $37 L_{\odot}$, при этом яркий компонент этой двойной звезды имеет светимость $25,4 L_{\odot}$. Определите параллакс этой звезды, если блеск компонентов равен $1m,99$ и $2m,85$.
5. Вычислите среднюю плотность белого карлика, являющегося спутником другой звезды, по следующим данным: спектры главной звезды и спутника одинаковы; средняя плотность главной звезды $0,2\text{ г/см}^3$; разность видимых звездных величин главной звезды и спутника 10^m ; отношение их масс $2:1$.
6. Построить кривую блеска переменной звезды, если для определенных моментов времени, отсчитываемых в сутках от произвольного начала, дан соответствующий блеск в звездных величинах:

$0^h,01$	$12^m,36$	$6^h,21$	$18^m,60$	$0^h,53$	$7^m,72$
$0,03$	$7,28$	$0,26$	$7,68$	$0,55$	$7,64$
$0,06$	$7,28$	$0,34$	$7,74$	$0,56$	$7,49$
$0,09$	$7,36$	$0,38$	$7,76$	$0,58$	$7,36$
$0,12$	$7,42$	$0,44$	$7,77$	$0,60$	$7,28$
$0,17$	$7,52$	$0,49$	$7,78$	$0,62$	$7,28$

Определите амплитуду и период колебаний блеска. Как называют переменные звёзды с кривой изменения блеска такого вида?

Раздел 5. *Галактическая астрономия*

Тема 5.1. *Млечный Путь. Звёздные сообщества*

Вопросы

1. Каково расстояние от Солнца до центра Галактик
2. Какова скорость (линейная) Солнца вокруг центра Галактики и сколько примерно оборотов совершило Солнце вокруг центра Галактики за свою «жизнь»?
3. Сколько звёзд в Галактике, каких типов?
4. В каких частях Галактики сосредоточены характерные типы звёзд?
5. Что представляет собой корона Галактики? Какова её протяженность и масса?
6. Как проявляет себя корона Галактики?
7. Какой мы видим Галактику?
8. Через какие созвездия, видимые в средних широтах северного полушария Земли, проходит полоса Млечного Пути? (сделать сканы с карт в разные сезоны)
9. Что такое балдж, ядро, ядрышко Млечного Пути?
10. Есть ли в нашей Галактике черная дыра и где? (назвать созвездие, сделать скан с карты и указать стрелкой)
11. Что такое скопление звезд?
12. Чем рассеянные звездные скопления отличаются от шаровых?
13. Что такое звездные ассоциации?
14. Какие звездные скопления видны невооруженным взглядом? Привести примеры (воспользоваться программой StarCalk или Stellarium, а также атласом)
15. Для каких целей астрономы изучают звездные скопления?

Задачи

1. Изобразите галактическую систему координат, укажите координаты, выделите характерные точки пересечения с линиями экваториальной системы координат. Запишите формулы перехода между галактической и второй экваториальной системами координат.
2. По звёздному атласу определите, какие созвездия пересекает: а) *Млечный Путь*; б) эклиптика.
3. По звёздному атласу или с помощью программ StarCalk, Stellarium определите, какие объекты Галактики находятся в созвездии *Геркулеса* и запишите их координаты α и δ , а также другие физические характеристики.
4. Привести 3 примеров скоплений: а) рассеянных, б) шаровых (названия скопления, созвездий в которых они находятся, сканы расположения и характеристик из программы StarCalk или Stellarium)
5. Привести примеры звездных сверхскоплений (названия и расположение)
6. Какова номенклатура обозначений звездных скоплений, где и когда была принята?

Тема 5.2. *Экзопланеты. Межзвездная среда*

Вопросы

1. Какими методами обнаруживают экзопланеты?
2. Приведите 10 примеров экзопланет (название экзопланеты, в какой звездной системе находится, в каком созвездии, тип, радиус, масса)
3. Назовите астрономические спутники и наземные обсерватории для поиска экзопланет.
4. Классификация экзопланет (по Сударскому)
5. Какие требования предъявляют ученые к зоне Златовласки?
6. Как обозначаются туманности в каталогах? Приведите примеры.
7. Приведите 3 примера темных туманностей (название, расположение в созвездии)
8. Приведите 3 примера отражательных туманностей (название, расположение в созвездии)
9. В какой части Млечного Пути наибольшее количество отражательных туманностей?

10. Какие детали галактик, не существующих в действительности, могут появиться на фотографиях из-за отражательных туманностей?
11. Какие физические свойства межзвездной пыли позволяют изучать отражательные туманности?
12. Какие спектральные линии самые яркие в диффузных туманностях?
13. Приведите 3 примера планетарных туманностей (название, расположение в созвездии)
14. Какие сравнительно кратковременные туманности создаются при взрыве Сверхновых и Новых, а также под действием звездного ветра?
15. Приведите три примера такого типа туманностей (см. п. 18) – название, фото?

Задачи

1. 15 августа 1977 г физик Джерри Эйман, работая на телескопе «BigEar» («Большое ухо») в Университете штата Огайо, зарегистрировал необычный радиосигнал, который возник на фоне естественного радиошума. Сигнал пришел из созвездия Стрельца из точки $\delta = -27^{\circ}3'$, $\alpha = 19^{\text{ч}}22^{\text{м}}$. Он поразительно напоминал сигнал искусственного происхождения; больше он не повторялся. Эйман обвел фрагмент распечатки кода сигнала и подписал рядом «Wow!» – именно с этим названием сигнал стал сенсацией и предметом многочисленных дискуссий. До сих пор неизвестно его происхождение; сохраняется вероятность того, что он был отправлен «братьями по разуму». Проанализируйте материалы в Интернете, ответьте на вопросы: ф) какова частота сигнала «Wow», б) чем эта частота примечательна в радиоастрономии, в) сколько времени длился сигнал, г) какова была его форма?
2. Для достоверного обнаружения линии поглощения какого-либо элемента необходимо, чтобы над каждым квадратным метром поверхности звезды находилось 1016 атомов этого элемента. Допустим, в качестве такого маркера берется искусственный элемент технеций ^{43}Tc . Его молярная масса – около 98 г/моль. Сделайте оценку массы такого вещества (приняв массу атома $\sim 1,7 \cdot 10^{-25}$ кг), которое надо забросить в атмосферу звезды тех же параметров, что и Солнце, чтобы подать далеким наблюдателям сигнал о своем существовании по изменению спектра звезды.
3. В 1960 г. американский астрофизик Фрэнк Дональд Дрейк сформулировал уравнение, позволяющее оценить число N потенциально существующих цивилизаций в Галактике, которые могли бы установить связь с землянами:

$$N = N_{SB} \cdot f_S \cdot N_L \cdot f_L \cdot f_{IL} \cdot f_C \cdot \tau ,$$

где N_B (StarsBirth) – число звезд, формирующихся в Галактике ежегодно; f_S (Stationary) – доля звезд, имеющих планеты со стационарными орбитами; N_L (Life) – возможное у такой звезды число планет с благоприятными для возникновения жизни условиями; f_L – вероятность появления жизни на отдельно взятой планете; f_{IL} (IntelligentLife) – вероятность возникновения разума на планете, где зародилась жизнь; f_C (Communication) – доля числа планет, где представители разумной жизни имеют стремление и технические возможности установить контакт с другой цивилизацией; τ – время существования такой цивилизации. Неопределенность коэффициентов в этом ряду возрастает; хорошо известен лишь первый множитель N_B , его можно принять равным, например, 5 звезд в год. Ответьте на вопросы:

- 1) Если число планет в системе какой-либо звезды примерно такое же, как и в Солнечной системе, какие из этих планет могут оказаться в «зоне жизни»?
- 2) Оценки параметров, сделанные самим Дрейком (1961), таковы: $N_B = 10 \text{ лет}^{-1}$, $f_S = 0,5$, $N_L = 2$, $f_L = 1$, $f_{IL} = 0,01$, также $f_C = 0,01$, и $\approx 104 \text{ лет}$. В итоге Дрейк получил довольно оптимистичную оценку: $N \approx 10$. Значения каких коэффициентов вам кажутся сомнительными? Почему?
- 3) Несмотря на неопределенность коэффициентов, уравнение Дрейка имеет немалое научное значение. В чем оно заключается?
4. Планетарная туманность в созвездии Лиры имеет угловой диаметр $83''$ и находится от нас на расстоянии в 660 парсеков. Каковы её линейные размеры в астрономических единицах?
5. С помощью программ StarCalk и Stellarium определить характеристики и местонахождение (в каких созвездиях) туманностей: а) Барнард 143, б) Лагуна, в) Мексиканский залив, г) Гантель, д) Крабовидная, е) Спирограф, ж) Кошачий глаз. Выполнить сканы (найти средствами интернета) этих туманностей. К какому типу относится каждая из указанных туманностей?

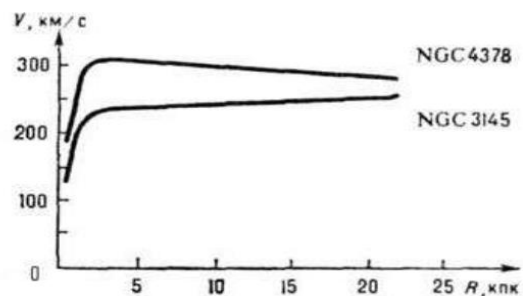
Раздел 6. *Внегалактическая астрономия*
Тема 6.1. *Галактики, их взаимодействие и сообщества*

Вопросы

1. Почему линии в эмиссионных спектрах газа активных ядер галактик имеют значительную яркость и большую ширину?
2. Приведите примеры: а) спиральной галактики; б) линзообразной галактики; в) эллиптической галактики; г) неправильной галактики (названия, расположение в созвездии, сканы характеристик из программы StarCalkилиAstronet)
3. Каковы модели АГЯ?
4. Что из себя представляет синхротронное излучение?
5. С чем связано изменение яркости квазаров за период, меньший земного года?
6. Опишите свойства галактик Сейферта.
7. Что такое галактика Маркаряна?
8. Что такое лацертиды?
9. Что такое скопление галактик? Приведите примеры.
10. Что такое сверхскопление галактик? Приведите примеры.

Задачи

1. В галактике, красное смещение которой составляет $z = 0,0067$, зафиксирована вспышка сверхновой. Блеск СН в максимуме оказался равным $+17m$. Определите ее абсолютную звездную величину и светимость в единицах светимости Солнца.
2. Найдите расстояние до галактики, в которой наблюдалась вспышка новой. Видимый блеск новой $+16m,5$. Абсолютная звездная величина $-6m,5$.
3. Найдите среднее расстояние ℓ между галактиками в скоплениях, если в кубе объемом 1 Мпк³ число их в среднем равно 200. Как это число соотносится с размерами крупных галактик ($D \approx 50$ кпк)?
4. Используя график зависимости скорости обращения звезд в спиральных галактиках NGC 4378 (созвездие Девы) и NGC 3145 (созвездие Гидры), оцените массы галактик в пределах радиуса 10 кпк (рис.). Если они состояли бы только из звезд солнечной массы, какое их количество они могли бы содержать?



Тема 6.2. *Космология. Эволюция Вселенной*

Вопросы

1. Подчеркивая грандиозность Вселенной, Коперник утверждал, что отношение расстояния от Земли до Солнца к расстоянию до неподвижных звезд меньше, чем отношение радиуса Земли к расстоянию от Земли до Солнца. По мнению Кеплера, во сколько раз больше радиуса Солнечной системы, ограниченной по тогдашним воззрениям орбитой Сатурна, во сколько раз радиус орбиты Сатурна больше радиуса Солнца. Кто из ученых — Коперник или Кеплер — был ближе к истине?
2. Кто и каким образом впервые установил наличие во Вселенной систем разного порядка?
3. Кто в античные времена высказывал идеи, созвучные гипотезе Большого взрыва?
4. Какое открытие полностью опровергло гипотезу стационарности Вселенной?
5. Ученый И. Г. Ламберт в книге, вышедшей в 1761 г., высказал идею, что Вселенная представляет собой бесконечную космических систем. Согласны ли с этой идеей современные ученые?
6. В 1908—1922 гг. шведский астроном К. В. Шарлье (1862— 1934) развивал теорию иерархической Вселенной. Он считал, что открыл систему более высокого порядка, чем наша Галактика, и назвал её Метагалактикой. Термин сохранился до нашего времени. Является ли Метагалактика системой?
7. Что такое фоновое космическое излучение?

8. Как происходит межзвёздное ослабление света?
9. Что понимают под красным смещением?
10. На каких принципах основана современная космология? Какие факты их подтверждают или оспаривают?
11. В чем состоит модель «горячей» Вселенной?
12. Опишите эры эволюции Вселенной в общепринятой современной теории космологии.
13. Какие существуют альтернативные теории развития Вселенной.
14. «Черная звезда» Мичелла. История формирования понятия о черной дыре
15. Модель Шварцшильда для черной дыры
16. Потеря массы и время излучения черной дыры
17. Эффекты при падении объектов в черную дыру
18. В чем суть теории струн? Модель черной дыры на основе теории струн
19. Приведите примеры кандидатов черных дыр (с указанием расположения на картах)
20. Опишите суть методов обнаружения черных дыр

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Формами текущего контроля служат устный опрос на аудиторных занятиях и письменное выполненное самостоятельной работы.

Оценочными средствами служат теоретические вопросы к практическим занятиям и для самостоятельной работы, решение задач для самостоятельной работы.

Примеры оценочных средств:

1. Какие недостатки телескопов были устранены в системе Д.Д. Максудова? Каким образом?

Ответ: Д.Д. Максудов практически устранил кому и астигматизм изображения, подобрав материал для мениска и рассчитав необходимое расстояние между фокусами главного зеркала и мениска.

2. Голубой сверхгигант Альнилам (центральная звезда «пояса Ориона») расположен вблизи небесного экватора (склонение $\delta = -1^{\circ}12'$). Сколько времени можно его наблюдать в поле зрения неподвижного телескопа при увеличении $\times 100$.

Решение. Пусть воображаемый радиус небесной сферы равен R .

Тогда суточный путь звезды по параллели можно найти по формуле

$$L = 2\pi R \cdot \cos \delta.$$

За время t секунд путь звезды $l = 2\pi R \cdot t \cdot \cos \delta / 86400$, где 86400 – число секунд в сутках.

В угловой мере путь равен: $\varphi = l / R = (2\pi \cdot t \cdot \cos \delta) / 86400$ (рад).

Этот угол есть поле зрения телескопа, $\varphi = \alpha_T = \frac{\alpha_{\text{окл}}}{\Gamma}$.

Поле зрения окуляра примем стандартным, $\alpha_{\text{окл}} = 45^{\circ} \approx 0,00785$ рад.

Тогда $\varphi \approx 0,00785$ рад, и время прохождения звездой поля зрения

$$t = \frac{86400 \cdot \alpha_{\text{окл}}}{2\pi \cdot \cos \delta} = \frac{86400 \cdot 0,00785}{2\pi \cdot \cos 1,12^{\circ}} \approx 108 \text{ с.}$$

Ответ: ≈ 108 с.

Освоение дисциплины оценивается в соответствии с разбиением учебного материала по темам.

Критерии оценивания каждой темы (см. табл.):

- «зачтено», даны ответы на не менее 70% вопросов их списка к аудиторной и самостоятельной работе, решено не менее 70% задач (если задачи предполагаются) из списка к самостоятельной работе;
- «не зачтено», если не выполнен хотя бы один из вышеперечисленных критериев.

Ответы на вопросы к аудиторным занятиям для самостоятельной работы	Решения задач для самостоятельной работы	Оценка по учебной теме
70 – 100 %	70 – 100 %	Зачтено
<70 %	70 – 100 %	не зачтено
70 – 100 %	<70 %	не зачтено
<70 %	<70 %	не зачтено

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации служит зачет в 9 семестре.

Критерии получения зачета (см. табл.):

- оценка «зачтено», если зачтены все учебные темы;
- «оценка «не зачтено», если зачтены не все темы.

Оценка по учебной теме	Количество учебных тем	Оценка текущей аттестации
Зачтено	7	Зачтено
Зачтено	6 и менее	не зачтено

Оценочными средствами являются средства оценки «зачтено» или «незачтено» по совокупности тем семестра.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Астрономия : учебное пособие / В. И. Шупляк, М. Б. Шундалов, А. П. Клищенко, В. В. Малышиц. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 312 с. — ISBN 978-985-06-2759-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90732.html>
2. Благин, А. В. Основы современной астрономии : учебное пособие / А. В. Благин, О. В. Котова. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2019. — 259 с. — ISBN 978-5-7890-1702-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117740.html>
3. *Островский, А. Б.* Астрометрия. Учебная практика : учебное пособие для вузов / А. Б. Островский ; под научной редакцией Э. Д. Кузнецова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 149 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08004-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493560>
4. Чаругин, В. М. Классическая астрономия : учебное пособие / В. М. Чаругин. — Москва : Прометей, 2013. — 214 с. — ISBN 978-5-7042-2400-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/18578.html>
5. *Язев, С. А.* Астрономия. Солнечная система : учебное пособие для вузов / С. А. Язев ; под научной редакцией В. Г. Сурдина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 336 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08244-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493818>
6. *Гусейханов, М. К.* Основы астрофизики и космологии : учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 266 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13890-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496573>

7.2. Дополнительная литература

1. Блинников, С. И. Основы релятивистской астрофизики : учебное пособие для вузов / С. И. Блинников. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 221 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11778-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495791>
2. Бредихин, Ф. А. О хвостах комет / Ф. А. Бредихин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 239 с. — (Антология мысли). — ISBN 978-5-534-04106-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492668>
3. Верюжский, Н. А. Основы сферической астрономии / Н. А. Верюжский, В. И. Сидоров. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2002. — 48 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/49230.html>
4. Левитская, Т. И. Небо и Земля: вклад выдающихся личностей России в развитие астрономии и геодезии : учебное пособие / Т. И. Левитская ; под редакцией Э. Д. Кузнецова. — 2-е изд. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. — 136 с. — ISBN 978-5-7996-2292-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106338.html>
5. Муртазов, А. К. Физика земли. Космические воздействия на геосистемы : учебное пособие для вузов / А. К. Муртазов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 268 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11473-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493500>
6. Перельман, Я. И. Занимательная астрономия / Я. И. Перельман. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 182 с. — (Открытая наука). — ISBN 978-5-534-07253-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492144>
7. Редичкин, Н. Н. Курс общей астрономии. Ч.1 : учебное пособие / Н. Н. Редичкин, Н. В. Самсонова. — Ростов-на-Дону : Ростовский государственный строительный университет, 2015. — 80 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117808.html>
8. Самсонова, Н. В. Геодезическая астрономия с основами астрометрии : учебное пособие / Н. В. Самсонова, Н. Н. Редичкин. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2019. — 125 с. — ISBN 978-5-7890-1774-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117724.html>
9. Хлюстин, Б. П. Мореходная астрономия : учебное пособие для вузов / Б. П. Хлюстин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 575 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09395-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/428288>
10. Черепашук, А. М. Жизнь астронома / А. М. Черепашук ; под редакцией С. А. Ламзина. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2014. — 312 с. — ISBN 978-5-19-010921-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97489.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. ЭБС <https://urait.ru>
2. ЭБС IPR BOOKS <https://www.iprbookshop.ru>

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской, настенным экраном, мультимедиапроектором, ноутбуком и комплектом колонок.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской и оборудованием.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.