

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АСТРОФИЗИКА

Методические указания по выполнению практических занятий

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Тема 1. Астрономия и ее особенности.....	4
Тема 2. Основы астрофотометрии.....	5
Тема 3. «Спектральная классификация звезд»	7
Тема 4. «Внутреннее строение и эволюция звезд»	8
Тема 5. «Физически переменные звезды».....	9
Тема 6. «Новые и сверхновые звезды»	11
Тема 7. «Звездные скопления»	12
Тема 8. «Строение Солнечной системы»	13
Тема 9. «Экзопланеты».....	13

ВВЕДЕНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование набора общенаучных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки (специальности) физика.

Задачи решаемые дисциплины «Астрофизика»

- освоение понятий и методов астрофизики,
- формирования умений применять полученные знания для анализа конкретных астрофизических объектов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к профессиональному циклу специальных дисциплин. Ее освоение происходит в 5 семестре.

- 3. Связь с предшествующими дисциплинами:** является основой для изучения основных разделов астрофизики. Для освоения дисциплины «Астрофизика» необходимо предварительное освоение дисциплин общего курса физики и математики.

4. Связь с последующими дисциплинами

Знания, умения и навыки, приобретенные студентом при изучении дисциплины «Астрофизика» необходимы для успешного освоения дисциплин «Внутреннее строение и атмосферы звезд».

5. Компетенции обучающегося, формируемые в результате изучения дисциплины

ПК-1

Обладает навыками работы с современными телескопами, приемниками излучения и программами обработки данных наблюдений.

ПК-4, ИД-3

Обладает навыками обзора известных научных работ, оформления и представления результатов собственных исследований.

ПК-4, ИД-4

Готов публично представлять результаты научных исследований.

6. Наименование и формы проведения практических занятий

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Использование интерактивных форм	Зачетные единицы (часы)
5 семестр			
1	Тема 1. Астрономия и ее особенности	Решение проблемных задач	4
2	Тема 2. Основы астрофотометрии	Решение проблемных задач	4
3	Тема 3. Спектральная классификация звезд.	Решение проблемных задач	4
4	Тема 4. Внутреннее строение и эволюция звезд.	Решение проблемных задач	4

5	Тема 6. Физически переменные звезды.	Решение проблемных задач	4
6	Тема 7. Новые и сверхновые звезды.	Решение проблемных задач	4
7	Тема 8. Звездные скопления.	Решение проблемных задач	4
8	Тема 9. Строение Солнечной системы	Решение проблемных задач	4
9	Тема 9. Экзопланеты	Решение проблемных задач	4
	Итого		36

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Астрономия и ее особенности

Цель занятия: усвоить особенности астрономии, ее структуру и основные этапы в истории развития, уяснить причины революций в развитии астрономии.

Организационная форма занятия: решение задач

Задания к теме «Астрономия и ее особенности»

1. Дайте общее определение астрономии.
2. Перечислите небесные объекты.
3. Назовите основные задачи астрономии.
4. В чем отличие астрономии от физики и астрологии?
5. Перечислите революционные периоды в астрономии.
6. Назовите особенности современной астрономии.

Задачи

1. Горизонтальный экваториальный параллакс Солнца равен $8.7942''$. Найти расстояние до Солнца в километрах.
2. Угловой диаметр Солнца на среднем расстоянии от Земли равен $32'$. Рассчитать радиус Солнца.
3. Марс виден на зенитном расстоянии 35° , при этом его экваториальный суточный параллакс равен $13.3''$. Рассчитайте расстояние до Марса на этот момент в астрономических единицах.
4. На краю Лунного диска видна гора, выступающая над ним на угол $0.03'$. Зная линейный и угловой диаметры Луны, $31'$ и 3476 км, соответственно, рассчитайте высоту этой горы в километрах.

5. Для звезды измерен годичный параллакс и определена точность измерения, $(0.312 \pm 0.006)''$. Рассчитайте расстояние до звезды в парсеках и точность определения расстояния.
6. Для звезды измерен годичный параллакс и определена точность измерения, $(0.004 \pm 0.004)''$. Рассчитайте расстояние до звезды в парсеках и точность определения расстояния.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 2. Основы астрофотометрии.

Цель занятия: понять, как законы термодинамики используются для определения физических параметров астрономических объектов, освоить шкалу звездных величин.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Вопросы к теме «Астрофотометрия. Характеристики излучения»

1. Что такое спектр?
2. В каких спектральных диапазонах работают наземные телескопы?
3. Дайте определения характеристикам излучения:
интенсивности,
поток,
светимости.
Каковы размерности этих характеристик?
4. Напишите формулу и нарисуйте график функции Планка.
5. Что выражает закон смещения Вина?
6. Что называется эффективной температурой?
7. Что называется освещенностью, какова ее размерность?
8. Что выражают видимые звездные величины, от чего они зависят?
9. Напишите формулу Погсона.
10. Какова видимая звездная величина самой яркой звезды?
Самой слабой звезды, видимой невооруженным глазом?

11. Какие задачи решают с помощью многоцветной фотометрии?
12. Напишите формулы для показателей цвета $U-B$, $B-V$.
13. Что называется визуальной видимой звездной величиной?
14. Что называется болометрической видимой звездной величиной?
Напишите формулу.
15. Дайте определение абсолютной звездной величины.
16. Выведите уравнение, связывающее абсолютные и видимые звездные величины одной звезды.
17. Выведите формулу связывающую абсолютные звездные величины и светимости двух звезд.

Задачи

1. Если освещенность, создаваемая одной звездой в 100 раз больше, чем освещенность от другой звезды, то на сколько будут различаться их видимые звездные величины?
2. Видимая звездная величина Сириуса, α CMa, -1.45^m , а Прокциона, α CMi, 0.37^m . Во сколько раз различаются создаваемые ими освещенности?
3. Определить абсолютную болометрическую звездную величину Солнца, зная ее видимую болометрическую звездную величину, -26.8^m .
4. Определить предельное расстояние, на котором Солнце еще видно невооруженным глазом. $BC_{\odot} = -0.08$.
5. На длине волны $\lambda = 5050 \text{ \AA}$ поток излучения Солнца равен $7.06 \cdot 10^6 \text{ эрг/см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{А}$. Найдите число квантов, излучаемых с этой длиной волны всем Солнцем за 1 секунду.
6. Годи́чный параллакс Сириуса $0.''37$, его видимая звездная величина -1.45^m . Найдите абсолютную звездную величину Сириуса.
7. Найдите расстояние до Альдебарана, α Tau, зная видимую звездную величину, 0.86^m , эффективную температуру, 3300, и радиус, 62 радиуса Солнца.
8. Годи́чный параллакс Денеба $0.''002$, его видимая звездная величина в V фильтре 1.11^m , болометрическая поправка -0.23 . Найдите абсолютную болометрическую звездную величину Денеба.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.

4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 дач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 3. «Спектральная классификация звезд»

Цель занятия; уяснить основные и дополнительные параметры, влияющие на наблюдаемые спектры звезд, освоить двумерную спектральную классификацию звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Вопросы к теме «Спектральная классификация звезд»

1. Перечислите наблюдаемые характеристики звезд
2. Перечислите физические параметры, влияющие на вид спектра звезды
3. Назовите основные спектральные классы звезд в порядке убывания эффективной температуры
4. Назовите классы светимости звезд в порядке убывания радиусов.
5. Назовите эффективные температуры и наиболее характерные спектральные линии для каждого спектрального класса.
6. Назовите дополнительные спектральные классы, их обозначения и особенности
7. Охарактеризуйте методы определения эффективной температуры звезд
8. Какие звезды называются SR звездами? Каковы их основные особенности?
9. Что отражает диаграмма Герцшпрунга-Рессела?
10. Можно ли строить диаграмму Герцшпрунга-Рессела в координатах видимая звездная величина – спектр и почему?
11. Почему на диаграмме Герцшпрунга-Рессела есть места с низкой и высокой плотностью звезд?
12. Нарисуйте схематично диаграмму Герцшпрунга-Рессела и укажите, где располагаются звезды разных классов светимости.

ЗАДАЧИ

1. Определите радиус Антареса, α Sco, Sp M0 Ia, зная эффективную температуру, 3100 K, болометрическую поправку, -0.5, и абсолютную звездную величину, $M_V = -0.54$.
2. Найти интегральный поток излучения от Солнца, зная его радиус и светимость.
3. Рассмотрим две звезды.
 α Sco: спектральный класс, M1 I, годичный параллакс, 0.010", видимая звездная величина, 0.91^m.

Звезда Барнарда: спектральный класс, M1 V, годичный параллакс, 0.546", видимая звездная величина, 9.71^m.

Считая эффективные температуры одинаковыми, найдите отношение светимостей и радиусов этих звезд.

4. От звезды Бетельгейзе, α Ori, приходит на Землю излучение $3.2 \cdot 10^{-2}$ эрг/мин*см². Ее угловой диаметр равен 0".047, расстояние 200 пс. Найдите эффективную температуру α Ori.
5. Рассчитайте эффективную температуру Денеба, α Cyg. Его угловой диаметр 0".002, расстояние 500 пс, светимость $7.4 \cdot 10^4 L_{\odot}$. Какой у Денеба спектральный класс и класс светимости?
6. Радиус β CrB $2.8 R_{\odot}$, её абсолютная звездная величина 0.^m6. Найдите эффективную температуру β CrB.
7. Выразите светимость звезды Ригеля в светимостях Солнца, зная для Ригеля годичный параллакс 0."0069 и видимую звездную величину 0.^m34.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 4. «Внутреннее строение и эволюция звезд»

Цель занятия: освоить внутреннее строение и эволюцию звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме «Внутреннее строение и эволюция звезд»

1. Что называется протозвездой?
2. Покажите, где рождаются протозвезды и их дальнейший эволюционный путь на диаграмме ГР.
3. Когда протозвезда становится звездой?
4. Где располагаются самые молодые звезды на диаграмме ГР?
5. Чем определяется время эволюции звезд?
6. Как эволюционируют звезды к стадии гигантов?
7. Как устроены звезды с массой не больше массы Солнца и какие термоядерные реакции в них идут на стадии Главной Последовательности?

8. Нарисуйте эволюционные трэки для звезд с массой не больше массы Солнца.
9. Как устроены звезды с массой больше массы Солнца и какие термоядерные реакции в них идут?
10. Нарисуйте эволюционные трэки для звезд с массой больше массы Солнца.
11. Назовите характерные параметры белых карликов.
12. Когда образуются нейтронные звезды и каковы их параметры?
13. Что называют черной дырой?
14. Как определяется гравитационный радиус?

ЗАДАЧИ

1. Определите среднюю плотность 40 Eri B по следующим данным:
масса, 0.44 массы Солнца; эффективная температура, 11000K;
абсолютная звездная величина, 11.2. Какого класса светимости 40 Eri B ?
2. Масса α частицы примерно на 1 % меньше массы 4-х протонов. Оценить, сколько лет реакции синтеза гелия через pp-цепочку могут поддерживать нынешнюю светимость Солнца.
3. Перечислите, чем различаются две звезды Главной Последовательности, имеющие массы $5 M_{\odot}$ и $0.8 M_{\odot}$.
4. Найти минимально возможный период вращения красного гиганта с массой $1 M_{\odot}$ и радиусом $1.5 \cdot 10^8$ км.
5. Рассчитать гравитационный радиус Солнца.
6. Оценить полную массу, потерянную Солнцем на излучение за $5 \cdot 10^9$ лет, считая светимость неизменной.
7. Звезда Sp B5 V, $M = 10 M_{\odot}$, $R = 5 R_{\odot}$ вращается со скоростью 450 км/с на поверхности на экваторе. Будет ли ее атмосфера устойчивой?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 5. «Физически переменные звезды»

Цель занятия: изучить особенности физически переменных звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 5 «Физически переменные звезды»

1. Какие звезды называют физически переменными?

2. Каких типов бывают физически переменные звезды?
3. На какой эволюционной стадии находятся цефеиды?
4. Назовите физические характеристики классических цефеид
5. Какие данные наблюдений необходимы для анализа цефеид?
6. Как по цефеидам можно определить расстояние?
7. Как определить массу цефеиды?
8. Изложите теорию, объясняющую причину пульсаций цефеид
9. На каких эволюционных стадиях наблюдаются эруптивные звезды?
10. Каковы особенности звезд типа Т Тау?
11. Каковы особенности звезд типа UV Cet?
12. Каковы особенности звезд типа Be?
13. Каковы особенности звезд типа WR?

ЗАДАЧИ

1. Для цефеиды δ Сер получена зависимость

$$\langle M_V \rangle = -1.0^m - 3.0^m \lg P$$

Ее средняя за период видимая звездная величина 4^m , период 5.3^d . Найти расстояние до цефеиды и ее среднюю светимость.

2. Для классической цефеиды известны параметры: период, 4 дня,

$$\lg \langle L \rangle / L_\odot = 3.4, \langle T_e \rangle = 6600 \text{ K}, Q = 0.04. \text{ Найти ее массу.}$$

3. У цефеиды видимая звездная величина меняется на 1^m , эффективная температура меняется между 5500 К и 7000 К. Во сколько раз меняются радиус и светимость звезды при пульсациях?

4. Найти наблюдаемое изменение периода пульсации цефеиды в течение года вследствие движения Земли вокруг Солнца, если цефеида лежит в плоскости земной орбиты. Период пульсации цефеиды 5 дней.

5. Для звезды типа Т Тау с массой $4 M_\odot$, радиусом $100 R_\odot$, светимостью в спокойном состоянии $10 L_\odot$ определить:

энергию, выделяемую при вспышке,

скорость падения аккрецирующего вещества в атмосферу звезды,

темп аккреции,

если при вспышке $\Delta m = 3^m$, продолжительность вспышки $\Delta t = 1^d$. Считать, что вся кинетическая энергия аккрецирующего вещества высвечивается.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.

6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 6. «Новые и сверхновые звезды»

Цель занятия: изучить особенности новых и сверхновых звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 6 «Новые и сверхновые звезды»

1. Перечислите наблюдаемые проявления новых звёзд.
2. Какова частота вспышек новых звёзд?
3. Объясните механизм взрыва новых звезд.
4. Какая энергия выделяется при взрыве новой звезды?
5. Опишите эволюцию спектра новой звезды.
6. Опишите кривые блеска новых звезд.
7. Какое явление называется сверхновой звездой?
8. Чем различается SNI и SNII?
9. Какова частота вспышек сверхновых звёзд?
10. Сколько вспышек сверхновых видели в нашей Галактике и почему?
11. Что остаётся после взрывов сверхновых звезд и как наблюдается эти остатки?
12. Опишите физику взрыва SNII.

ЗАДАЧИ

1. Средний угловой радиус Крабовидной туманности $2'.5$. Максимальное смещение линии H_{δ} $4101 \text{ \AA}$ в спектре Крабовидной туманности $16.4 \text{ \AA}$. Сверхновая звезда, породившая туманность, вспыхнула в 1054 году. Найти расстояний до туманности.
2. В максимуме блеска новой звезды измерен сдвиг линии H_{γ} $\lambda_0 = 4340.46 \text{ \AA}$ в синюю сторону, $\Delta\lambda = 22 \text{ \AA}$. Оценить кинетическую энергию сброшенной оболочки.
3. Новая Орла 1918 года в максимуме блеска имела $m = -1.1^m$, $M = -8.8^m$. Найдите расстояние и светимость в максимуме блеска.
4. Новая в Персее 1901 года за двое суток увеличила видимую звездную величину с 12^m до 2^m . Во сколько раз увеличилась ее светимость?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.

2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 7. «Звездные скопления»

Цель занятия: изучить особенности звездных скоплений.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 7 «Звездные скопления»

1. Дайте определение звездного скопления.
2. Приведите классификацию рассеянных звездных скоплений.
3. Каков звездный состав рассеянных звездных скоплений?
4. Изложите суть метода групповых параллаксов.
5. Где находятся рассеянные звездные скопления в Галактике?
6. Как определить возраст рассеянного звездного скопления?
7. Каковы возрасты рассеянных звездных скоплений?
8. Назовите критерии принадлежности звезд к звездному скоплению.
9. Назовите основные особенности шаровых звездных скоплений: число звезд, размеры, форму.
10. Где находятся шаровые звездные скопления в Галактике?
11. Каков звездный состав шаровых звездных скоплений?
12. Каков возраст шаровых звездных скоплений?
13. В чем возможные причины существования шаровых звездных скоплений, содержащих звезды с разным химическим составом?
14. Как можно определить массу шарового звездного скопления?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175

- задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 8. «Строение Солнечной системы»

Цель занятия: изучить особенности Солнечной системы, основные закономерности ее строения.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 8

«Строение Солнечной системы. Общие закономерности»

1. Из чего состоит Солнечная система?
2. Каковы размеры Солнечной системы?
3. Как определяется внешняя граница Солнечной системы?
4. Как распределена масса по разным телам Солнечной системы?
5. Каковы особенности орбитальных движений планет?
6. Как вращаются планеты?
7. Напишите и поясните закон Тициуса-Бодэ.
8. На какие группы делятся планеты Солнечной системы?
9. Как распределен момент количества движения в Солнечной системе?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 9. «Экзопланеты»

Цель занятия: изучить особенности экзопланет.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 5 «Экзопланеты»

1. Что называют экзопланетой?
2. Сформулируйте критерии отличия экзопланет от звезд.
3. Изложите суть спектроскопического метода обнаружения экзопланет.
4. В чем суть фотометрического метода?
5. На чем основан метод гравитационного линзирования?
6. Что позволяет определить астрометрический метод?
7. Когда возможны прямые снимки экзопланет?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.allplanets.ru
2. www.astronet.ru
3. www.sao.ru

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Астрофизика

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ
ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Астрофизика» являются:

- подготовка к практическому занятию;
- самостоятельное изучение литературы;
- подготовка к экзамену.

Практическое занятие

– подразумевает изучение определенного физического процесса на практике, используя при этом методы, предварительно изученные на лекциях, выбор наиболее оптимального приема выполнения замеров и исследования, которые обеспечивает наиболее точный результат, определение фактического результата и его сравнение с теоретическими данными, описанными в учебнике согласно выбранной тематике, обнаружение причин полученного несоответствия и грамотное их изложение.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ПК-1 Способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-4} Владение навыками применения современных информационных технологий для проведения, анализа и обработки результатов научных экспериментов (в том числе в автоматизированном режиме).

ИД-4_{ПК-4} Готовность грамотно представлять результаты исследований в том числе в виде докладов и публикаций на научных конференциях различного уровня.

План-график выполнения самостоятельной работы

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Использование интерактивных форм	Зачетные единицы (часы)
	5 семестр		
1	Тема 1. Астрономия и ее особенности	Решение проблемных задач	4
2	Тема 2. Основы астрофотометрии	Решение проблемных задач	4
3	Тема 3. Спектральная классификация звезд.	Решение проблемных задач	4
4	Тема 4. Внутреннее строение и эволюция звезд.	Решение проблемных задач	4
5	Тема 5. Физически переменные звезды.	Решение проблемных задач	4
6	Тема 6. Новые и сверхновые звезды.	Решение проблемных задач	4
7	Тема 7. Звездные скопления.	Решение проблемных задач	4
8	Тема 8. Строение Солнечной системы	Решение проблемных задач	4
9	Тема 9. Экзопланеты	Решение проблемных задач	4
	Итого		36

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Тема 1. Астрономия и ее особенности

Цель занятия: усвоить особенности астрономии, ее структуру и основные этапы в истории развития, уяснить причины революций в развитии астрономии.

Организационная форма занятия: решение задач

Задания к теме «Астрономия и ее особенности»

7. Дайте общее определение астрономии.
8. Перечислите небесные объекты.
9. Назовите основные задачи астрономии.
10. В чем отличие астрономии от физики и астрологии?
11. Перечислите революционные периоды в астрономии.

12. Назовите особенности современной астрономии.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 176 дач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 2. Основы астрофотометрии.

Цель занятия: понять, как законы термодинамики используются для определения физических параметров астрономических объектов, освоить шкалу звездных величин.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Вопросы к теме «Астрофотометрия. Характеристики излучения»

11. Что такое спектр?
12. В каких спектральных диапазонах работают наземные телескопы?
13. Дайте определения характеристикам излучения:
интенсивности,
поток,
светимости.
Каковы размерности этих характеристик?
14. Напишите формулу и нарисуйте график функции Планка.
15. Что выражает закон смещения Вина?
16. Что называется эффективной температурой?
17. Что называется освещенностью, какова ее размерность?
18. Что выражают видимые звездные величины, от чего они зависят?
19. Напишите формулу Погсона.
20. Какова видимая звездная величина самой яркой звезды?
Самой слабой звезды, видимой невооруженным глазом?
11. Какие задачи решают с помощью многоцветной фотометрии?
12. Напишите формулы для показателей цвета U-B, B-V.
13. Что называется визуальной видимой звездной величиной?
14. Что называется болометрической видимой звездной величиной?
Напишите формулу.
15. Дайте определение абсолютной звездной величины.
16. Выведите уравнение, связывающее абсолютные и видимые звездные величины одной звезды.
17. Выведите формулу связывающую абсолютные звездные величины и светимости двух звезд.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 176 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 3. «Спектральная классификация звезд»

Цель занятия; уяснить основные и дополнительные параметры, влияющие на наблюдаемые спектры звезд, освоить двумерную спектральную классификацию звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Вопросы к теме «Спектральная классификация звезд»

13. Перечислите наблюдаемые характеристики звезд
14. Перечислите физические параметры, влияющие на вид спектра звезды
15. Назовите основные спектральные классы звезд в порядке убывания эффективной температуры
16. Назовите классы светимости звезд в порядке убывания радиусов.
17. Назовите эффективные температуры и наиболее характерные спектральные линии для каждого спектрального класса.
18. Назовите дополнительные спектральные классы, их обозначения и особенности
19. Охарактеризуйте методы определения эффективной температуры звезд
20. Какие звезды называются SR звездами? Каковы их основные особенности?
21. Что отражает диаграмма Герцшпрунга-Рессела?
22. Можно ли строить диаграмму Герцшпрунга-Рессела в координатах видимая звездная величина – спектр и почему?
23. Почему на диаграмме Герцшпрунга-Рессела есть места с низкой и высокой плотностью звезд?
24. Нарисуйте схематично диаграмму Герцшпрунга-Рессела и укажите, где располагаются звезды разных классов светимости.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
4. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
5. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 176 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.

6. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 4. «Внутреннее строение и эволюция звезд»

Цель занятия: освоить внутреннее строение и эволюцию звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме «Внутреннее строение и эволюция звезд»

10. Что называется протозвездой?
11. Покажите, где рождаются протозвезды и их дальнейший эволюционный путь на диаграмме ГР.
12. Когда протозвезда становится звездой?
13. Где располагаются самые молодые звезды на диаграмме ГР?
14. Чем определяется время эволюции звезд?
15. Как эволюционируют звезды к стадии гигантов?
16. Как устроены звезды с массой не больше массы Солнца и какие термоядерные реакции в них идут на стадии Главной Последовательности?
17. Нарисуйте эволюционные трэки для звезд с массой не больше массы Солнца.
18. Как устроены звезды с массой больше массы Солнца и какие термоядерные реакции в них идут?
10. Нарисуйте эволюционные трэки для звезд с массой больше массы Солнца.
11. Назовите характерные параметры белых карликов.
12. Когда образуются нейтронные звезды и каковы их параметры?
13. Что называют черной дырой?
14. Как определяется гравитационный радиус?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru

Тема 5.

«Физически переменные звезды»

Цель занятия: изучить особенности физически переменных звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 5

«Физически переменные звезды»

11. Какие звезды называют физически переменными?
12. Каких типов бывают физически переменные звезды?
13. На какой эволюционной стадии находятся цефеиды?
14. Назовите физические характеристики классических цефеид
15. Какие данные наблюдений необходимы для анализа цефеид?
16. Как по цефеидам можно определить расстояние?
17. Как определить массу цефеиды?
18. Изложите теорию, объясняющую причину пульсаций цефеид
19. На каких эволюционных стадиях наблюдаются эруптивные звезды?
20. Каковы особенности звезд типа Т Tau?
11. Каковы особенности звезд типа UV Cet?
12. Каковы особенности звезд типа Be?
13. Каковы особенности звезд типа WR?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 6.

«Новые и сверхновые звезды»

Цель занятия: изучить особенности новых и сверхновых звезд.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 6

«Новые и сверхновые звезды»

1. Перечислите наблюдаемые проявления новых звёзд.
2. Какова частота вспышек новых звёзд?
3. Объясните механизм взрыва новых звезд.
4. Какая энергия выделяется при взрыве новой звезды?
5. Опишите эволюцию спектра новой звезды.
6. Опишите кривые блеска новых звезд.
7. Какое явление называется сверхновой звездой?

8. Чем различается SNI и SNII?
9. Какова частота вспышек сверхновых звёзд?
10. Сколько вспышек сверхновых видели в нашей Галактике и почему?
11. Что остаётся после взрывов сверхновых звезд и как наблюдается эти остатки?
12. Опишите физику взрыва SNII.

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 7.

«Звездные скопления»

Цель занятия: изучить особенности звездных скоплений.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 7

«Звездные скопления»

1. Дайте определение звездного скопления.
2. Приведите классификацию рассеянных звездных скоплений.
3. Каков звездный состав рассеянных звездных скоплений?
4. Изложите суть метода групповых параллаксов.
5. Где находятся рассеянные звездные скопления в Галактике?
6. Как определить возраст рассеянного звездного скопления?
7. Каковы возраста рассеянных звездных скоплений?
8. Назовите критерии принадлежности звезд к звездному скоплению.
9. Назовите основные особенности шаровых звездных скоплений: число звезд, размеры, форму.
10. Где находятся шаровые звездные скопления в Галактике?
11. Каков звездный состав шаровых звездных скоплений?
12. Каков возраст шаровых звездных скоплений?
13. В чем возможные причины существования шаровых звездных скоплений, содержащих звезды с разным химическим составом?
14. Как можно определить массу шарового звездного скопления?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 8.

«Строение Солнечной системы»

Цель занятия: изучить особенности Солнечной системы, основные закономерности ее строения.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 8

«Строение Солнечной системы. Общие закономерности»

1. Из чего состоит Солнечная система?
2. Каковы размеры Солнечной системы?
3. Как определяется внешняя граница Солнечной системы?
4. Как распределена масса по разным телам Солнечной системы?
5. Каковы особенности орбитальных движений планет?
6. Как вращаются планеты?
7. Напишите и поясните закон Тициуса-Бодэ.
8. На какие группы делятся планеты Солнечной системы?
9. Как распределен момент количества движения в Солнечной системе?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2011.
3. Паршаков Е.А. Происхождение и развитие Солнечной системы. М., УРСС, 2 изд., 2008.
4. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
6. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175

- задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
7. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.allplanets.ru
3. www.sao.ru

Тема 9. «Экзопланеты»

Цель занятия: изучить особенности экзопланет.

Организационная форма занятия: решение проблемных задач.

Задания к теме 5 «Экзопланеты»

1. Что называют экзопланетой?
2. Сформулируйте критерии отличия экзопланет от звезд.
3. Изложите суть спектроскопического метода обнаружения экзопланет.
4. В чем суть фотометрического метода?
5. На чем основан метод гравитационного линзирования?
6. Что позволяет определить астрометрический метод?
7. Когда возможны прямые снимки экзопланет?

Литература

1. Кононович Э.В., Мороз В.И.. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2017.
2. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

Интернет-ресурсы:

1. www.allplanets.ru
2. www.astronet.ru
3. www.sao.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы обучающиеся должны использовать не только курс лекций и основную литературу, но и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

Ответы на теоретические вопросы должны быть даны в соответствии с формулировкой вопроса и содержать не только изученный теоретический материал, но и собственное понимание проблемы.

В ответах желательно привести примеры из практики.

Подготовку к экзамену по дисциплине необходимо начать с проработки основных вопросов, список которых приведен в рабочей программе дисциплины.

Для этого необходимо прочесть и уяснить содержание теоретического материала по учебникам и учебным пособиям по дисциплине. Список основной и дополнительной литературы приведен в рабочей программе дисциплины и может быть дополнен и расширен самими студентами.

Особое внимание при подготовке к экзамену необходимо уделить терминологии, т.к. успешное овладение любой дисциплиной предполагает усвоение основных понятий, их признаков и особенности.

Таким образом, подготовка к экзамену включает в себя:

- проработку основных вопросов курса;
- чтение основной и дополнительной литературы по темам курса;
- подбор примеров из практики, иллюстрирующих теоретический материал курса;
- выполнение промежуточных и итоговых тестов по дисциплине;
- систематизацию и конкретизацию основных понятий дисциплины;
- составление примерного плана ответа на экзаменационные вопросы.

Вопросы к экзамену

1. Астрономия: объекты изучения и основные задачи.
2. Измерение расстояний методом суточного параллакса.
3. Измерение расстояний методом годичного параллакса.
4. Характеристики излучения, привязанные к источнику.
5. Характеристики излучения, привязанные к наблюдателю.
4. Основы астрофотометрии: функция Планка, цветовые полосы, показатели цвета.
6. Методы определения эффективной температуры.
7. Наблюдаемые характеристики звезд.
8. Двумерная спектральная классификация звезд.
9. Наблюдаемые особенности звезд основных спектральных классов.
10. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.
11. Строение и эволюция звезд с массой не больше $1 M_{\odot}$
12. Строение и эволюция звезд с $M > 1 M_{\odot}$.
13. Поздние стадии эволюции звезд.
14. Определение и классификация физически переменных звезд.
15. Классические цефеиды.
16. Эруптивные звезды
17. Новые звезды.
18. Сверхновые звезды: данные наблюдений и классификация.
19. Теоретические модели взрыва SNII и SNIa.
20. Звездные скопления. Классификация.
21. Метод групповых параллаксов.
22. Определение расстояний и возрастов звездных скоплений по диаграммам Герцшпрунга-Рессела.
23. Основные закономерности строения Солнечной системы
24. Планеты земной группы и планеты-гиганты
25. Малые тела солнечной системы
26. Экзопланеты. Методы изучения.
27. Статистические закономерности экзопланет

28. Происхождение планетных систем