Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____ А.М. Дигурова
«29» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Астрономия и астрофизика»

Направление 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профили: Физика. Математика.

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

(год начала подготовки 2016 год)

Владикавказ 2020

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 февраля 2016 г. №91, учебным планом подготовки бакалавра по направлению 44.03.05 –Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» (протокол № 9 от 30 апреля 2020 г.).

Составитель: Кануков А.С.

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры физики конденсированного состояния

(протокол №9 от 18 июня 2020г.)

Зав. кафедрой _____ Т.Т. Магкоев

Одобрена советом физико-технического факультета

(протокол № 6 от «27» июня 2020г.)

Председатель совета факультета _____ И.В. Тваури

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «**Астрофизика**» состоят в обеспечении бакалавров предметными знаниями, умениями и навыками в области наблюдательной астрономии и теоретической астрофизики.

В задачи дисциплины входят:

- ознакомление с новейшими открытиями и достижениями в исследовании Вселенной за последние годы;
- изучение закономерностей мира звезд и современных теоретических представлений о природе звезд и их систем;
- изучение физических методов исследований небесных тел.

Реализация указанных целей направлена на получение высшего образования в области физики, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности в РФ и за рубежом, обладать компетенциями, способствующими его социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «**Астрофизика**» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (Б1.В.ДВ.2.2) и является дисциплиной по выбору. Курс «**Астрофизика**» читается в рамках подготовки академических бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная и экспериментальная физика» в 7 семестре обучения.

Дисциплина логически и содержательно-методически опирается на следующие дисциплины ООП: Б1.Б.13.2 «Теоретическая механика и механика сплошных сред», Б1.Б.9.4 «Оптика», Б1.Б.9.5 «Атомная физика», Б1.Б.13.1 «Электродинамика» Б1.Б.13.4 «Квантовая теория». Она призвана формировать систематические знания в области современной астрономической картины мира.

При освоении данной дисциплины необходимы знания основ классической механики, теории электромагнетизма, оптики, квантовой теории, атомной физики и статистической физики. Требуется умение дифференцировать и интегрировать, решать дифференциальные уравнения, проводить вычисления с матрицами и векторами, выполнять приближенные вычисления с применение рядов, работать с функциями комплексных переменных. Обучаемые должны быть готовы самостоятельно работать с учебной литературой, пользоваться персональным компьютером.

Освоение дисциплины «**Астрофизика**» необходимо как предшествующее для дисциплин Б1.В.ОД.16 «Теория оптического излучения», Б1.В.ДВ.4.2 «Теория симметрии и суперсимметрии», Б1.В.ОД.14 «Физика высоких энергий», Б2.П.1 «Научно-исследовательская практика», Б2.П.2 «Преддипломная практика».

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Астрофизика»

В результате освоения дисциплины «**Астрофизика**» должны формироваться в определенной части следующие компетенции:
ОПК-3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;
ПК-1 - способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

•Знать:
- строение и состав как отдельных компонентов, так и Вселенной в целом;
- основные этапы эволюции звезд и других объектов Вселенной;

•Уметь:
- пользоваться астрономическими таблицами, каталогами и астрофизическими приборами;
- объяснять с помощью фундаментальных законов наблюдаемые астрономические явления;

•Владеть:
- астрономическими и астрофизическими понятиями, необходимыми для профессиональной деятельности в области моделирования астрофизических явлений;
- навыками устойчивого научного убеждения в объяснении тех или иных проблем современной астрофизики.

4. Структура и содержание дисциплины «Астрофизика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы, **144** часов

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Формы промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				Лекции	Практ.	СРС	
1	Излучение и поглощение ЭМ волн. Теория непрерывных и линейчатых спектров звезд.	7	1-2	2	4	11	Контрольные вопросы.
2	Диффузные и планетарные туманности.	7	3-5	3	6	11	Контрольные вопросы.
3	Звезды. Общие характеристики. Механическое равновесие звезды. Ядерные реакции в звездах.	7	6-8	3	6	11	Контрольные вопросы.
4	Сверхновые и остатки сверхновых. Вырожденные звезды.	7	9-11	3	6	11	Контрольные вопросы.
5	Галактики и скопления галактик.	7	12-14	3	6	11	Контрольные вопросы.
6	Элементы современной космологии.	7	15-17	3	6	11	Контрольные вопросы.
	Итого:		1-17	17	34	66	Зачет с оценкой (27)

1. Излучение и поглощение ЭМ волн. Теория непрерывных и линейчатых спектров звезд

1.1 Функция распределения фотонов, интенсивность. Плотность излучения. Вектор потока, освещенность. Плоское поле излучения.

1.2 Поле излучения при термодинамическом равновесии. Функция Планка и ее свойства. Приближения Вина и Рэлея–Джинса и области их применимости. Закон Стефана – Больцмана и закон смещения Вина.

1.3 Коэффициент ослабления. Истинное поглощение и рассеяние и соответствующие коэффициенты поглощения. Коэффициент излучения. Истинное излучение и рассеяние.

1.4 Уравнение переноса излучения (УПИ). Формальное решение УПИ и его следствия. Распространение излучения в вакууме, неизменность интенсивности вдоль луча. Распространение в поглощающей среде. Оптическое расстояние. Функция источников. Интегральная форма УПИ для поглощающей и излучающей среды. Нелинейность УПИ во многих астрофизических задачах.

1.5 Локальное термодинамическое равновесие (ЛТР). Закон Кирхгофа. УПИ в интегральной форме при ЛТР. Интенсивность излучения, выходящего из изотермической среды с ЛТР. Предельные случаи малых и больших оптических толщин.

1.6 Основные предположения стандартной модели плоской звездной атмосферы и их обсуждение. Зависимость строения атмосферы от эффективной температуры T_{eff} и от ускорения силы тяжести g. Качественное объяснение двумерности спектральной классификации звезд.

1.7 Современное состояние теории образования линий. Не-ЛТР подход к теории образований линий.

2. Диффузные и планетарные туманности

2.1 Диффузные и планетарные туманности: основные наблюдательные факты. Спектры туманностей. Оценки физических параметров – плотностей и температур. Массы туманностей. Переработка излучения высокочастотных континуумов звезды в фотоны субординатных серий. Теорема Росселанда.

2.2 Уравнение ионизационного баланса для газовых туманностей. Случаи туманностей малой и большой оптической толщины. Физическое объяснение высокой степени ионизации водорода в туманностях. Стратификация излучения в туманностях. Ионизация межзвездного водорода. Размеры и массы областей HII.

2.3 Рекомбинационный спектр водорода в газовых туманностях. Уравнения стационарности. Бальмеровский декремент, его слабая чувствительность от температуры туманности. Рекомбинационные радиолинии.

2.4 Условия появления запрещенных линий. Определение температур туманностей по отношению интенсивностей линий 4363 и N1+N2 иона OIII. Определение плотностей туманностей по линиям 3726 и 3729 иона OII. Одновременное определение температур и плотностей по запрещенным линиям.

2.5 Непрерывные спектры туманностей в оптическом диапазоне. Роль двухфотонного излучения. Спектры туманностей в радиодиапазоне.

2.6 Уравнение энергетического баланса для туманностей. Основные механизмы нагрева и охлаждения. Термостатирующая роль излучения в запрещенных линиях. Определение температур возбуждающих звезд по спектрам туманностей. Метод Занстра и его модификации.

2.7 «Проблема недостающей массы». Суперпланетарные туманности.

Наиболее яркие объекты Мессье: M27 – туманность Гантель, M76 – Малая Гантель, M57 – Кольцо, NGC 6543 – Кошачий глаз.

3. Звезды. Общие характеристики. Механическое равновесие звезды. Ядерные реакции в звездах

3.1 Нормальные звезды, их основные параметры и статистические связи между ними, подлежащие физическому объяснению.

3.2 Качественная картина звездной эволюции. Аксиоматика стандартной теории звездной эволюции и ее качественные следствия. Начальная масса и химический состав как определяющие параметры. Качественное объяснение существования главной последовательности и зависимости масса – светимость. Качественное эволюционное истолкование вида диаграмм Герцшпрунга – Рассела (ГР) рассеянных и шаровых скоплений. Конечные продукты звездной эволюции в зависимости от начальной массы звезды.

3.3 Уравнение гидростатического равновесия звезды. Звезды из невырожденного идеального газа («нормальные звезды»). Порядковая оценка температуры недр нормальной звезды. Оценка давления в центре звезды.

3.4 Теорема вириала для нормальной звезды. Ее следствия: вириальная температура звезды, отрицательность теплоемкости нормальной звезды. Кельвиновское сжатие и его роль в эволюции звезд. Другие следствия теоремы вириала: сильная зависимость темпа ядерного энерговыделения от температуры, принципиальное отличие строения красных гигантов и звезд главной последовательности.

3.5 Три характерных времени звезды: динамическое (время свободного падения), тепловое (кельвиновское) и эволюционное (ядерное), их оценки для звезд разных типов и вытекающие из них астрономические следствия.

3.6 Скорости термоядерных реакций (ТЯР) в звездах. Сечения реакций и выделение в них фактора, описывающего вероятность подбарьерного проникновения. Усреднение сечения по максвелловскому распределению с оценкой интеграла по методу Лапласа. Гамовская энергия и гамовский максимум. Окончательное выражение для зависимости скорости реакции от температуры. Степенная аппроксимация зависимости скорости реакции от температуры.

3.7 pp-цепочки. Зависимость энерговыделения от температуры. Нейтрино от pp-цепочек, нейтринный спектр Солнца. Регистрация солнечных нейтрино (понятие о методах, результаты). Простой CNO-цикл и его функционирование. Конкуренция pp-цепочек и CNO-цикла. Распространенности CNO-нуклидов в равновесном режиме цикла и объяснение особенностей их содержания в атмосферах красных гигантов. Тройной альфа-процесс. Условия, необходимые для его протекания. Горение углерода и последующие стадии ядерного горения.

4. Сверхновые и остатки сверхновых. Вырожденные звезды

4.1 Нейтронизация вещества. Фотодиссоциация. Нейтронизация вещества и УРКА-процессы. Захват нейтрино и остановка коллапса.

4.2 Вспышки сверхновых. Сверхновые II типа. Гиперновые и гамма-всплески. Сверхновые типа Ia. Остатки сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой. Исторические сверхновые. Сверхновая Кеплера 1604 года. Сверхновая Тихо 1572 года. Сверхновая 1181 года. Сверхновая 1054 года – прародитель Крабовидной туманности. Яркая сверхновая 1006 года. Другие возможные сверхновые и ложные кандидаты.

4.3 Белые карлики (БК): их основные параметры. Спектры БК. БК как конечный продукт звездной эволюции.

4.4 Уравнение состояния вещества при высоких плотностях. Полностью вырожденный электронный газ (нерелятивистский и ультрарелятивистский). Вывод соответствующих уравнений состояния (из размерностей и точный). Критерий наступления вырождения. Нейтронизация при высоких плотностях. Пороги нейтронизации. Понятие об уравнении состояния нейтронного газа.

4.5 Соотношение масса – радиус для политроп (вывод из размерностей). Применение к белым карликам. О численном расчете соотношения масса-радиус для БК. Предельная масса Чандрасекара и выражение ее через мировые постоянные. Поправки к теории Чандрасекара (ОТО, неидеальность газа, начало нейтронизации). О наблюдательной проверке соотношения масса – радиус для БК.

4.6 Динамическое время звезды и открытие нейтронных звезд (НЗ). Механическое равновесие НЗ. Уравнение Оппенгеймера – Волкова. Оценки предельной массы нейтронных звезд.

4.7 Решения уравнения Эйнштейна для черных дыр (ЧД). Теорема об «отсутствии волос». Метрики Шварцшильда, Рейснера – Нордстрема, Керра, Керра – Ньюмена. Термодинамика и испарение ЧД. Аккреция вещества в ЧД.

5. Галактики и скопления галактик

5.1 Звездные скопления и наша Галактика. Основные характеристики галактик. Структура галактик.

5.2 Движение газа и звезд. Столкновение звезд и время релаксации. Особенности движения звезд различных подсистем. Принципы измерения скоростей вращения галактик. Кривые вращения галактических дисков. Скорость вращения и круговая скорость. Связь распределения масс в галактике с кривой вращения. Проблема темного гало. О гравитационной устойчивости звездных дисков. Дисперсия скоростей и толщина галактических дисков. Бары галактик. Принципы оценки масс Е-галактик.

5.3 Физическая природа спиральной структуры. Спиральные ветви:

наблюдаемые свойства. Два типа спиральных ветвей.

5.4 Межзвездный газ в галактиках. Холодный газ: нейтральный и молекулярный водород. Области HII в галактиках. Горячий газ и рентгеновское излучение галактик. Магнитные поля.

5.5 Звездообразование в галактиках– общие сведения. Физические процессы, управляющие звездообразованием. Волны сжатия. Гравитационная неустойчивость газового диска.

5.6 Ядра галактик – общие сведения. Структура активных ядер. Сверхмассивные черные дыры. Основные принципы определения масс СМЧД.

5.7 Скопления галактик – общие сведения. Газ в скоплениях галактик. Оценка массы богатых скоплений. Особенности эволюции галактик в скоплениях.

6. Элементы современной космологии

6.1 «Краткий курс» истории космологии XX века. Крупномасштабная структура Вселенной. Предельно далекие галактики и квазары. Космологический принцип. Наблюдательный фундамент космологии (пять основных тестов, образующих фундамент).

6.2 Однородные и изотропные космологические модели. Выбор системы координат. Метрика Фридмана-Робертсона-Уокера. Уравнение состояния в космологии и анализ решений для Вселенной заполненной идеальной жидкостью с различными уравнениями состояния.

6.3 Кинематика Вселенной. Закон Хаббла. Пекулярные скорости галактик. Распространение света. Понятие красного смещения, диаграмма Хаббла. Горизонт частиц. Расстояния в космологии, понятие углового расстояния, космического расстояния, болометрического расстояния. Поверхностная яркость и парадокс Ольберса.

6.4 Основные стадии расширения нашей Вселенной. Эволюция расширения. Критическая плотность. Влияние давления. Первичный нуклеосинтез («первые три минуты»).

6.5 Слабое возмущения плотности, их эволюция на стационарном фоне и в расширяющейся Вселенной (описание на ньютоновском языке). Классификация слабых возмущений гравитационного поля по спиральностям. Вывод калибровочно-инвариантных уравнений для описания эволюции малых возмущений в расширяющейся Вселенной.

6.6 Реликтовое излучение и эпоха рекомбинации. Эффект Сюняева-Зельдовича. Флуктуации реликтового излучения. Трудности классической космологии. Модель инфляционной Вселенной. Анизотропия реликтового излучения. Основные физические механизмы, генерирующие анизотропию реликтового излучения и его поляризацию.

6.7 Крупномасштабная структура Вселенной, основные принципы описания, образования и эволюция крупномасштабной структуры. Понятие темной материи. Темная энергия – новый вид вещества.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При освоении дисциплины «**Астрофизика**» используются следующие виды учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов, контроль работы.

На лекциях предусмотрены активные формы учебного процесса: разбор конкретных ситуаций, экспресс-опрос, интерактивные компьютерные симуляции.

На практических занятиях предусмотрены: самостоятельные вывод детальный разбор физических основ основных разделов лекционного курса с решением физических задач по разделам содержания дисциплины, выполнение контрольных работ по разделам дисциплины.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов учебные занятия организуются с учетом индивидуальных возможностей обучаемых – с применением дистанционных образовательных технологий и средств удаленного доступа, с проведением консультаций в интерактивном режиме on-line (Skype) и (или) по электронной почте, с обеспечением электронными образовательными ресурсами (электронными пособиями, презентациями).

Занятия лекционного типа составляют 33% всех аудиторных занятий по дисциплине.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Виды самостоятельной работы студента:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебным пособиям;
- самостоятельное изучение избранных вопросов, вывод формул, приведенных без доказательства;
- решение рекомендованных задач;
- написание реферата на избранную тему

Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы студентов:

- предусмотрена еженедельная самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль на практических занятиях по данной дисциплине;

- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, не рассмотренных на лекциях, предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, в которых выделены эти вопросы для самостоятельного изучения; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках промежуточного контроля – зачета по данной дисциплине;

- решение рекомендованных задач предполагается еженедельным при подготовке к практическим занятиям и при усвоении теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на практических занятиях;

- проверка и оценка рефератов производится в процессе промежуточного контроля – зачета по данной дисциплине

Темы рефератов для самостоятельной работы:

1. Особенности структуры галактик разных морфологических типов.

2. Проблема существования темного гало.

3. Реликтовое излучение, его происхождение.

4. Группы и скопления галактик.

5. Взаимодействующие галактики.

6. Крупномасштабное распределение галактик.

7. Стандартная модель (физика высоких энергий).

8. Ускоренное расширение Вселенной.

9. Модель горячей Вселенной.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля:

1. Оптические телескопы. Оптические схемы рефлекторов и зеркально-линзовых телескопов. Механические конструкции телескопов. Экваториальные и азимутальные установки.

2. Эффективность телескопов. Аберрации оптических систем, способы их уменьшения. Связь с качеством изображения. Методы достижения высокого углового разрешения. Активная и адаптивная оптика.

3. Принципы спектрального анализа. Спектрографы. Спектральное разрешение и факторы, его определяющие.

4. Приемники оптического излучения. Фотоэлектрический умножитель. Приборы с зарядовой связью. Понятие квантового выхода. Линейность, спектральная чувствительность.

5. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотоэлектрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии.

6. Радиотелескопы, принцип работы. Различные типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки). Эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.

7. Принцип интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.

8. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.

9. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер.

10. Активные образования на Солнце, связь с магнитными полями. Солнечные вспышки и сопровождающие их явления. Рентгеновское излучение Солнца.

11. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация.

12. Светимости, эффективные температуры и показатели цвета звезды. Прямые и косвенные методы определения из наблюдений размеров и масс звезд.

13. Источники энергии на различных стадиях эволюции звезд. Эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме Герцшпрунга-Рессела (диаграмме цвет-светимость). Конечные стадии звездной эволюции. Вырожденные звезды (белые карлики), нейтронные звезды, черные дыры, их физические свойства и наблюдаемые проявления. Радиопульсары.

14. Двойные и кратные звезды. Затменно-переменные. Функция масс и оценка масс компонент в двойных системах.

15. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные звезды. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры.

16. Переменные и нестационарные звезды. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа RR Лиры).

Звезды с оболочками (Be, MK). Звезды типа T Тельца. Объекты Ae/Be Хербига. Катаклизмические переменные.

17. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Процессы, приводящие к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.

18. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Космические источники теплового и нетеплового излучения в различных областях спектра.

19. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости.

20. Источники поглощения в континууме в атмосферах звезд и форма непрерывных спектров для звезд различных классов.

21. Модели звездных атмосфер. Механизмы образования линий поглощения. Понятие эквивалентной ширины линий. Профили линий, механизмы уширения линий. Кривая роста. Химический состав звездных атмосфер.

22. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд различных спектральных классов. Уравнение состояния вырожденного газа. Предельная масса белых карликов и нейтронных звезд.

23. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Синхротронное излучение релятивистских электронов.

24. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики, наблюдаемые проявления. Ядро Галактики.

25. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм цвет - звездная величина.

26. Звездная кинематика. Движение Солнца относительно звезд. Вращение Галактики. Связь кинематических свойств с пространственным распределением объектов.

27. Физическое состояние межзвездного газа. Молекулярные облака, области HI и HII, корональный газ, мазерные конденсации. Механизмы излучения газа в различных состояниях.

28. Оптическое излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Газовые туманности различных типов. Радиолинии. Мазерные источники.

29. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция.

30. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околозвездные диски. Области звездообразования.

31. Межзвездная пыль, наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.

32. Межзвездные магнитные поля, наблюдаемые проявления. Понятие вмороженности поля.

33. Космические лучи, их проявления, основные источники. Распространение космических лучей в магнитном поле Галактики.

34. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов. Содержание газа и звездообразование в галактиках.

35. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, принципы их оценок. Проблема существования темного гало. Карликовые галактики, наблюдаемые особенности.

36. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ в системах галактик.

37. Галактики с активными ядрами. Квазары. Представление о механизмах активности.

38. Шкала расстояний, закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.

39. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, понятие критической плотности и космологической постоянной. Постоянная Хаббла и «возраст» Вселенной.

40. Реликтовое излучение, его происхождение. Флуктуации яркости. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез?

<u>Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:</u>

1. Характерный размер обозреваемой области Вселенной
2. Какие параметры определяют равновесный спектр излучения ?
3. Размерность удельной интенсивности излучения (на единицу частоты).
4. Формула Планка для удельной интенсивности равновесного излучения.
5. Астрономические источники, в спектрах которых преобладает нетепловой компонент.

6. Поток фотонов от звезды 0-й величины в полосе 1000 *A* $F_0=10^6$ квантов/см^2 /с. Каков поток в той же полосе от звезды 20-й звездной величины ?
7. Солнце имеет абсолютную звездную величину M=+5. Какую видимую звездную величину имеет звезда типа Солнца, расположенная вблизи центра Галактики (d=10 кпк) ?
8. Чем ограничена угловая разрешающая способность наземных оптических телескопов ?
9. Фотометр регистрирует поток от звезды со средним значением 100 отсчетов/сек. Выберите наиболее правдоподобную запись последовательных экспозиций.
10. Какие условия термодинамического равновесия выполняются в межзвездном газе ?
11. Почему возможно свечение газовых туманностей в запрещенных линиях ?
12. Как зависит интенсивность излучения в линии 21 см от оптической толщины облака HI для случая малой оптической толщи $\tau << 1$?
13. Как зависит интенсивность излучения в линии 21 см от оптической толщины облака HI для случая большой оптической толщи $\tau >> 1$?
14. Как проявляется магнитное поле межзвездной среды в Галактике ?
15. Среднее значение межзвездного магнитного поля 10^{-6} Гаусс. Предполагая вмороженность поля в плазму, оцените какой радиус имело облака газа с хаотичным магнитным полем, чтобы при сжатии в звезду солнечного радиуса средняя напряженность поля на поверхности составила бы 1 Гаусс.
16. В каком масштабе могут возникать неустойчивости в однородной самогравитирующей среде с плотностью ρ и температурой T ?
17. Два облака газа с массой M_1=100 и M_2=100000 масс солнца с размерами r_1=10 пк и r_2=100 пк сжимаются под действием гравитационной неустойчивости. Как относятся времена сжатия для этих облаков ?
18. В каких областях межзвездной среды начинается образование звезд ?
19. Интервал масс наблюдаемых звезд.
20. Две звезды одинаковой светимости L имеют эффективные температуры T_1=5000 K и T_2=10000K. Как относятся радиусы звезд R_2/R_1 ?
21. Две звезды с массами $M_1=1M_\odot$ и $M_2=10M_\odot$ образовались одновременно. Как относятся времена жизни на главной последовательности t_2/t_1 для этих звезд ?
22. Радиус стационарной звезды главной последовательности уменьшился на 10%. Как изменилась центральная температура?
23. Какая из реакций p-p цикла определяет скорость превращения водорода в гелий ?
24. От чего зависит энерговыделение на 1 г вещества в ядерных реакциях в звездах ?

25. Почему термоядерное горение в звездах не носит взрывообразный характер ?
26. Как относится эддингтоновская светимость для звезды с массой 10 $M_\odot$ и $30M_\odot$?
27. При каком показателе адиабаты вещества звезда теряет механическое равновесие (т.е. наступает коллапс звезды) ?
28. От чего зависит давление вырожденного электронного газа в белых карликах ?
29. Как зависит радиус R вырожденной звезды (белого карлика) от ее массы M ?
30. Чем определяется предельная масса белых карликов ?
31. Какова характерная плотность нейтронной звезды, наблюдаемой как пульсар ?
32. Какой вид энергии нейтронной звезды превращается в излучение пульсара ?
33. Чем станет Солнце в конце своей эволюции ?
34. Какая стадия термоядерной эволюции звезд самая длительная ?
35. Какая энергия выделяется при вспышке сверхновой с образованием нейтронной звезды ?
36. Какими частицами уносится основная энергия, освобождаемая при вспышке сверхновой ?
37. Чем может характеризоваться черная дыра ?
38. Какова примерная величина гравитационного радиуса черной дыры с массой 1 $M_\odot$?
39. Какой слой атмосферы Солнца имеет самую высокую температуру ?
40. Какова характерная доля газа по массе в дисках спиральных галактик ?
41. Где идет наиболее активное звездообразование ?
42. Каковы признаки активно продолжающегося звездообразования в галактиках ?
43. Какова характерная светимость квазаров ?
44. Как изменяется масштабный фактор Вселенной в современную эпоху вследствие ее расширения ?
45. Изменяется ли постоянная Хаббла в современную эпоху ?
46. Что требуется для определения расстояний до галактик с использованием закона Хаббла ?
47. Как изменяется длина волны излучения в расширяющейся Вселенной ?
48. Как изменяется температура теплового излучения в расширяющейся Вселенной ?
49. При каком отношении средней плотности к критической $\Omega=\rho/\rho_{cr}$ расширение Вселенной будет продолжаться вечно ?

7. Данные для учета успеваемость студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	15	0	20	20	0	15	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость, ведение конспектов лекций, активность в ходе экспресс-опросов – от 0 до 15 баллов. За хорошо оформленный конспект лекций студент имеет возможность получить до 5 баллов. За посещаемость студент может получить 10 баллов в случае 90% - 100% посещаемости. Если процент посещаемости ниже, то баллы вычитаются пропорционально.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Студент получает 10 баллов за посещаемость 90%-100% и 10 баллов за активность (решение задачи, выступление при обсуждении, презентация реферата) на 90%-100% посещенных занятий. При меньшем количестве посещенных занятий (удачных выступлений) баллы пропорционально уменьшаются.

Самостоятельная работа

Выполнение домашних заданий, работа с дополнительной учебной литературой – от 0 до 20 баллов. Студент может получить 20 баллов за самостоятельную работу, если им были выполнены все домашние задания .

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Презентация (реферат) – от 0 до 15 баллов. Темы для презентаций выбираются из представленного выше списка. Максимальные баллы за реферат (презентацию) ставятся студенту в том случае, если тема полностью раскрыта, форма представления соответствует принятым нормам, студент хорошо владеет материалом и правильно отвечает на вопросы по содержанию.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме устного зачета с оценкой. Студенты получают билеты, которые содержат 2 теоретических вопроса из разных разделов.

При проведении промежуточной аттестации
ответ на «отлично» оценивается от 21 до 30 баллов;
ответ на «хорошо» оценивается от 11 до 20 баллов;
ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 10 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Астрофизика» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Астрофизика» в оценку.

81-100 баллов	«отлично»
62 - 80 баллов	«хорошо»
51 – 61 балл	«удовлетворительно»
50 баллов и менее	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Гриб А.А. Основные представления современной космологии. М. : Физматлит, 2008, 105 с.
2. Роуэн-Робинсон, М. Космология. М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2008. - 256 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].
3. Чаругин В.М. Классическая астрономия. М.: Прометей, 2013. - 214 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].
4. Кононович Э.В., Мороз В.В. Общий курс астрономии. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2011. - 542 с.
5. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей. М.: Логос, 2007. - 488 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].

б) дополнительная литература:

1. Сурдин В.Г. Динамика звёздных систем. М.: МЦНМО, 2001. - 32 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].
2. Язев С.А. Лекции о Солнечной системе. М.: Лань, 2011. - 381 с. [ЭБС "ЛАНЬ"].
3. Хоофт Г. Введение в общую теорию относительности. М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика. 2002. - 96 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].
4. Гамов Дж. Тяготение. М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. - 116 с. [ЭБС "IPRBOOKS"].
5. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука. 1967. 528 с.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Интернет-ресурс «Российская Астрономическая Сеть»: http://www.astronet.ru
2. Интернет-ресурс «National Aeronautics and Space Administration»: http://www.nasa.gov