

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Астрофизика

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы
магистерская программа «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Астрофизика» относится к вариативной части блока ФТД «Факультативы», является факультативной дисциплиной, преподается во втором семестре первого года обучения в магистратуре.

Целями освоения дисциплины являются:

1. формирование у студентов современных представлений об основных достижениях современной астрофизики, прежде всего плазменной,
2. изучение основ теории генерации и распространения электромагнитных волн в астрофизической плазме,
3. формирование у студентов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	<i>ПК-1.1. Знание принципов построения научной работы, методов сбора и анализа полученного материала ПК-1.2. Уметь осуществлять постановку и проведение экспериментов с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта ПК-1.3. Навыки решения поставленных задач с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</i>	(ПК-1) Знать общие характеристики космической плазмы и внеземного электромагнитного излучения, основные механизмы генерации излучения, основы теории переноса и рассеяния излучения в астрофизической плазме. Иметь представление о состоянии современной наблюдательной (в том числе, внеатмосферной) и теоретической астрономии; (ПК-1) Уметь применять освоенные методы теоретической астрофизики для интерпретации наблюдаемых свойств электромагнитного излучения космических объектов; (ПК-1) Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Индивидуальные собеседования, контрольные вопросы	Вопросы к экзамену

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	34
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	74
Промежуточная аттестация	36
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Введение в теоретическую астрофизику	8	2	2		4	4
2. Электромагнитные волны в однородной астрофизической плазме	8	2	2		4	4
3. Электромагнитные волны в регулярно неоднородной астрофизической плазме	8	2	2		4	4
4. Перенос излучения в астрофизической плазме	8	2	2		4	4
5. Собственное излучение астрофизической плазмы	9	2	2		4	5
6. Поглощение излучения в равновесной астрофизической плазме	10	2	2		4	6
7. Реабсорбция и усиление излучения в неравновесной плазме	10	2	2		4	6
8. Рассеяние излучения в астрофизической плазме	10	2	2		4	6
в т.ч.текущий контроль			2			

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, выполнение домашних заданий с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних заданий осуществляется раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины и темы рефератов составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Экзамен	
Превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями. Исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное решение любых типов практических заданий.
Отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.
Очень хорошо	Хорошая подготовка с рядом заметных недочетов. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения основных типов практических заданий.
Хорошо	В целом, хорошая подготовка, но со значительными ошибками. Твердое знание основных разделов дисциплины. Владение необходимыми приемами и способами решения практических заданий.

Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знания основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются значительные ошибки при выполнении практических заданий.
Неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Отсутствуют знания большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

– выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Критерии ответа студента на экзамене

Оценка «отлично» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный и полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «хорошо» – Ответ полный и правильный, на основании изученной теории; материал изложен в определенной логической последовательности при этом допущены две–три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя и правильно; полностью выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «удовлетворительно» – Ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или неполный, несвязный ответ и выполнены индивидуальные практические задания.

Оценка «неудовлетворительно» – Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя, не выполнены индивидуальные практические задания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

Контрольные вопросы:

Для оценки сформированности компетенции ПК-1 – способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

Задача 1. Расчёт деформации спектра реликтового излучения при рассеянии на горячем газе в скоплении галактик.

Задача 2. Расчёт уширения циклотронной линии в излучении и её смещения за счёт эффекта отдачи и гравитационного красного смещения для пульсара Her X-1.

Задача 3. Расчёт группового запаздывания импульсов радиоизлучения ближайших к Солнцу пульсаров и оценка меры дисперсии для них.

Задача 4. Расчёт количества полных оборотов плоскости поляризации радиоизлучения ближайших к нам пульсаров и меры вращения для них.

Задача 5. Расчёт яркостной температуры по наблюдаемому спектру радиоизлучения туманности Ориона и оценка меры эмиссии плазмы в этой туманности.

1. Вычислить массу Солнца, зная расстояние от Солнца до Земли.
2. Найти ускорение силы тяжести на поверхности фотосферы Солнца
3. Определить светимость Солнца, исходя из величины солнечной постоянной.
4. Оценить градиент температуры внутри Солнца.
5. Оценить среднее расстояние между атомами в веществе белого карлика.
6. Вычислить параболическую скорость для типичного белого карлика и типичной нейтронной звезды.
7. Пульсар в центре Крабовидной туманности имеет период 0,033 секунд, который увеличивается на 36 наносекунд в сутки. Найти возраст пульсара.
8. Найти расстояние до квазара с красным смещением 1.
9. Вычислить среднюю плотность вещества типичной нейтронной звезды.
10. Вычислить гравитационный радиус для массы равной массе Земли.
11. Темп аккрекции на типичную нейтронную звезду составляет одну тысячную массы Земли в год. Найти мощность излучения аккреционного диска.
12. Оценить время начала образования атомов после момента "Большого взрыва".

Вопросы для собеседования:

1. Перечислить внешние оболочки Солнца с указанием их размеров.
2. Назвать реакции протон-протонного цикла выработки энергии в звездах.
3. Перечислить спектральные классы звезд.
4. Чему равна величина предела Чандрасекара?
5. Что представляет собой вещество белого карлика?
6. Из чего состоит нейтронная звезда?
7. Записать выражение гравитационного радиуса заданной массы.
8. В чем состоит парадокс Алголя?
9. Объяснить механизм работы рентгеновского пульсара.
10. Перечислить типы галактик.
11. Записать закон Хаббла.
12. Назвать большие планеты Солнечной системы в порядке удаления от Солнца.
13. Что такое солнечная постоянная?
14. Ядерные реакции какого типа являются основным источником энерговыделения Солнца?

15. Назовите основные классы светимости звезд
16. Чем отличается внутреннее строение звезд разных классов светимости?
17. Перечислите методы определения расстояния до звезд и их размеров
18. К какому типу галактик относится Млечный путь?
19. Назовите основные типы галактик в классификации Хаббла.
20. Какова структура наблюдаемой части вселенной по современным представлениям?
21. Назовите методы определения возраста Вселенной.
22. Перечислите космогонические характеристики Солнечной Системы.

6.3.2. Вопросы для итогового контроля сформированности компетенции:

1. Механизмы излучения: когерентный и некогерентный, мазерный и антенный.
2. Волны в магнитоактивной плазме. Графики $n_j^2(\nu)$ и поляризация мод.
3. Квазипоперечное и квазипродольное распространение.
4. Вистлеры.
5. Затухание Ландау – интерпретация с учетом теплового движения электронов в поле волны.
6. Групповое запаздывание импульсов. Его применение к пульсарам.
7. Эффект Фарадея в плазме. Причины деполяризации излучения.
8. Уравнение переноса излучения в излучающей и поглощающей среде. Его решения.
9. Формирование Фраунгоферова спектра за счет эффектов поглощения.
10. Тормозное излучение.
11. Излучение Вавилова-Черенкова.
12. Магнитотормозное излучение. Спектр частот. Аномальный и нормальный эффект Доплера.
13. Циклотронное излучение. Депрессия на первой гармонике гирочастоты.
14. Синхротронное излучение. Угловой и частотный спектры.
15. Синхротронный механизм космического радиоизлучения.
16. Изгибное излучение.
17. Тормозное поглощение и эффективная частота столкновений.
18. Тормозной механизм излучения областей НП.
19. Черенковское поглощение и затухание Ландау.
20. Циклотронное поглощение в неоднородном магнитном поле. Объяснение медленно меняющейся компоненты солнечного радиоизлучения.
21. Поглощение излучения в неравновесной плазме.
22. Черенковская неустойчивость (усиление) в системе «поток-плазма». Образование «плато».
23. Теория быстродрейфующих всплесков солнечного радиоизлучения. Динамический спектр, частотный дрейф гармоники. Конверсия плазменных волн в электромагнитные.
24. Перенос излучения с учетом эффектов рассеяния (приближение столкновительной и бесстолкновительной плазмы).
25. Уравнение переноса излучения с учетом рассеяния.
26. Метод Шварцшильда-Шустера. Решение уравнения переноса в однородном слое.
27. Интерпретация фраунгоферова спектра солнечного излучения и спектра излучения рентгеновских пульсаров.
28. Движущиеся источники излучения. Сверхсветовой разлет джетов.

1. Основные источники излучения в астрофизике. Шкала электромагнитных волн.

2. Окна прозрачности земной атмосферы.
3. Тепловое излучение идеального источника. Спектр.
4. Основные методы астрофизики (астрофотометрия, астрополариметрия,
5. спектральный анализ).
6. Приемники излучения и их характеристики. Основные инструменты астрофизики. Основные типы телескопических систем и их характеристики.
7. Солнце и его основные характеристики. Спектр и химический состав Солнца.
8. Строение солнечной фотосферы. Верхняя атмосфера Солнца. Корона.
9. Внутреннее строение Солнца. Уравнение гидростатического равновесия.
10. Источники солнечной энергии. Протон-протонная реакция.
11. Азотно-углеродный цикл.
12. Активные образования на Солнце. Солнечная активность и ее земные
13. проявления.
14. Измерение расстояний до звезд. Абсолютная звездная величина и
15. светимости звезд.
16. Температуры звезд. Радиусы и массы звезд. Связь между наблюдаемыми характеристиками звезд.
17. Спектры и спектральная классификация звезд.
18. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела.
19. Строение звезд различных типов.
20. Кратные звезды. Затменные переменные звезды. Спектрально двойные звезды.
21. Тесные двойные системы.
22. Физические переменные звезды. Новые и сверхновые звезды. Пульсары. Рентгеновские звезды.
23. Происхождение и эволюция звезд.
24. Наша Галактика ее строение и размеры. Система галактических координат.
25. Межзвездная среда. Туманности и звездные скопления.
26. Собственные движения и лучевые скорости звезд. Вращение Галактики.
27. Галактики и их классификация, распределение в пространстве.
28. Красное смещение в спектрах галактик. Расстояния до галактик.
29. Эволюция галактик.
30. Космология. Модель и эволюция Вселенной.
31. Солнечная система. Объекты Солнечной Системы и их характеристики.
32. Планетная космогония.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

профессор высшей школы общей и прикладной физики, д. ф.-м. н. В.В. Кочаровский.

Зав. каф. "Физика наноструктур и наноэлектроника" _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.11.2022, протокол № б/н.