

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики плазмы**



Рабочая программа дисциплины

ПЛАЗМА В КОСМОСЕ

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель учебного курса «Плазма в космосе» – дать студентам кафедры физики плазмы базовые знания по космологии и астрофизике. Эти разделы науки можно рассматривать как поле приложений физики плазмы, а явления и методы плазменной астрофизики являются необходимыми элементами образования в физике.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области физики плазмы и астрофизики. Уметь применять изученные модели и методы для нахождения решения простых задач по физике плазмы и астрофизике. Владеть навыками самостоятельной работы с учебной литературой по астрофизике; основной терминологией и понятийным аппаратом астрофизики.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Плазма в космосе» реализуется в первом семестре 1-го курса для студентов магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики плазмы.

В результате прохождения курса студенты кафедры физики плазмы физического факультета должны получить базовые знания по космологии и астрофизике. Для успешного освоения курса необходимо знание классической механики, статистической физики, электродинамики, физики сплошных сред, элементарных основ физики плазмы

Курс предшествует выполнению квалификационной работы студента по данной специализации, так как дает ему необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения научных исследований в рамках подготовки его квалификационной работы.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: контроль посещения лекций, опрос по материалам лекций, решение задач.

- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- практические занятия -16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Плазма в космосе» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-м курсе магистратуры физического факультета НГУ в 1-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Космология	1-4	12	4	4	4			
2.	Астрофизика	5-14	28	9	9	10			
3.	Физика солнечной системы	14-16	10	3	3	4			
4.	Групповая консультация		2					2	2
5.	Подготовка к экзамену		18				18		
6.	Экзамен		2						2
Всего			72	16	16	18	18	2	2

Программа и основное содержание лекций (16 часов)

Раздел 1. Космология (4 часа)

Крупномасштабное строение вселенной: галактики, их скопления и сверхскопления. Определение расстояний в астрономии: годичный параллакс, цефеиды, сверхновые. Свидетельства "большого взрыва", возраст вселенной.

Физические модели вселенной: стационарные модели, динамические модели Фридмана, инфляционная модель Де-Ситтера. "темное вещество" и "темная энергия". Современные оценки и интерпретации космологической постоянной Эйнштейна.

Модели "большого взрыва". Первичная плазма и синтез элементов. Остывание нейтрино и излучения, реликтовое излучение.

Раздел 2. Астрофизика (9 часов)

Гравитационная неустойчивость как причина образования галактик и звезд. Эволюционная последовательность стадий гравитационной неустойчивости. Строение и классификация галактик. Модели образования спиральных рукавов. Звездные скопления. Галактические ядра. Активные ядра и квазары. Млечный путь.

Диффузная материя: газовые и газо-пылевые туманности, межзвездный газ, области ионизованного водорода. Галактическое магнитное поле. Радиоастрономия и космические радиосточники. Космические мазеры.

Образование звезд. Протозвездные туманности. Предел светимости Эддингтона. Физическая модель строения и равновесия звезды, зоны лучистой и конвективной теплопроводности. Химический состав звезд. Зависимость масса-светимость. Время жизни звезд. Сравнение с наблюдениями, диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Звездная эволюция. Сверхгиганты и карлики, переменные звезды. Релятивистские звезды: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры.

Двойные и кратные звезды. Звездный ветер и аккреция, полость Роша. Аккреционные диски и джеты. Новые и сверхновые звезды. Пульсары. Плазма остатков сверхновых. Планетарные туманности, ионизационное равновесие.

Регистрация и спектры космических лучей. Гамма-всплески.

Раздел 3. Физика солнечной системы (3 часа)

Модель Солнца, источники солнечной энергии и проблема солнечных нейтрино. Конвективная модель генерации магнитного поля, солнечные пятна. Модель фотосферы, грануляция. Хромосфера и генерация солнечных вспышек. Корона и солнечный ветер. Межпланетное магнитное поле. Теории образования планет из протопланетного облака. Поиск планет у других звезд. Строение магнитосферы Земли, взаимодействие магнитосферы с солнечным ветром. Магнитные поля планет солнечной системы. Удержание и ускорение частиц в магнитосфере, магнитные бури, северные сияния. Строение ионосферы Земли.

Программа практических занятий (16 часов)

Раздел 1. Космология (4 часа)

Статистика распределения вещества и скорости, закон Хаббла. Критическая плотность материи, виды уравнений состояния. Оценки плотности вещества.

Раздел 2. Астрофизика (9 часов)

Гравитационная неустойчивость. Предел Чандрасекара. Гравитационный коллапс. Генерация магнитного поля при дисковой аккреции. Взаимодействие излучения с веществом. Эволюция звёзд. Генерация космических лучей.

Раздел 3. Физика солнечной системы (3 часа)

Строение Солнца. Диффузия излучения из солнечного ядра. Удержание и ускорение частиц в магнитосфере.

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	9
Изучение материала лекций	9
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Мартынов, Дмитрий Яковлевич. Курс общей астрофизики: [учебник для ун-тов по спец. "Астрономия"] / Д. Я. Мартынов Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Наука, 1971616 с., [6] л. ил. : ил. ; 22 см. (6 экз)
2. Бисноватый-Коган, Геннадий Семенович (1941-) Релятивистская астрофизика и физическая космология / Г.С. Бисноватый-Коган Москва : URSS : Красанд, 2010362, [1] с. : ил., [4] л. цв. ил. ; 22 см. ISBN 978-5-396-00276-0 (1 экз)
3. Шкловский И.С. "Звезды: их рождение жизнь и смерть" М., Наука, 1984. (1 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

- Визуальные материалы по астрономии сайта <http://www.astronet.ru>
- К.А. Постнов - Лекции по Общей Астрофизике для Физиков <http://www.astronet.ru/db/msg/1170612/index.html>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого практического занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области космической плазмы в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследова-	Знать методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области физики плазмы и астрофизики.	Опрос в начале каждой лекции, экзамен

ния.		
ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<p>Уметь применять изученные модели и методы для нахождения решения простых задач по физике плазмы и астрофизике.</p> <p>Владеть навыками самостоятельной работы с учебной литературой по астрофизике; основной терминологией и понятийным аппаратом астрофизики.</p>	Опрос в начале каждой лекции, экзамен

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Плазма в космосе».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

		место грубые ошибки.			
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Вопросы и задачи для текущего контроля

1. Дать определение единицы измерения расстояния «парсек».
2. Получить из метрики Фридмана–Робертсона–Уокера выражение красного смещения через масштабный фактор.
3. Оценить значение критической плотности вещества Вселенной из закона сохранения механической энергии.
4. Получить величину давления равновесного излучения с температурой 10 градусов Кельвина.
5. Вывести время запаздывания сигнала с частотой $\omega \gg \omega_p$ в однородной холодной немагнитной плазме.
6. Чему равняется мера вращения для плазмы с концентрацией 10^4 см^{-3} , находящейся в магнитном поле величиной 1 Гс и размером 2 пк?
7. Найти инкремент неустойчивости Джинса (гравитационная неустойчивость).
8. Записать уравнение гравитационного равновесия и определить порядок давления и температуры для Солнца, считая среднюю плотность вещества равной $\sim 1.4 \text{ г/см}^3$ и состоящей из водорода и гелия.
9. Получить выражение для гравитационной энергии самогравитирующего тела.
10. Оценить время диффузии фотона из центра Солнца к его поверхности.
11. Нарисовать график зависимости давления вещества от его температуры с учётом возможности вырождения.

Вопросы, выносимые на экзамен

1. Крупномасштабное строение вселенной: галактики, их скопления и сверхскопления. Статистика распределения вещества и скорости, закон Хаббла.
2. Физические модели вселенной: динамические модели Фридмана, инфляционная модель Де-Ситтера. Критическая плотность материи, виды уравнений состояния.
3. Свидетельства «большого взрыва». Современные оценки плотности вещества во вселенной, "темное вещество" и "темная энергия".
4. Модели "большого взрыва". Первичная плазма и синтез элементов. Остывание нейтрино и излучения, реликтовое излучение.
5. Гравитационная неустойчивость как причина образования галактик и звезд. Эволюционная последовательность стадий гравитационной неустойчивости.
6. Строение и классификация галактик. Млечный путь.

7. Диффузная материя: газовые и газопылевые туманности, межзвездный газ, области ионизованного водорода. Галактическое магнитное поле.
8. Образование звезд. Протозвездные туманности. Предел светимости Эддингтона.
9. Физическая модель строения и равновесия звезды, зоны лучистой и конвективной теплопроводности. Химический состав звезд. Зависимость масса-светимость. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.
10. Звездная эволюция. Сверхгиганты и карлики, переменные звезды. Релятивистские звезды: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Предел Чандрасекара. Гравитационный коллапс.
11. Двойные и кратные звезды. Звездный ветер и аккреция, полость Роша. Аккреционные диски и джеты.
12. Новые и сверхновые звезды. Пульсары. Плазма остатков сверхновых.
13. Генерация космических лучей. Регистрация и спектры космических лучей. Гамма-всплески.
14. Модель Солнца, источники солнечной энергии.
15. Атмосфера Солнца. Модель фотосферы, грануляция. Хромосфера, солнечные пятна и магнитное поле. Корона и солнечный ветер.
16. Взаимодействие магнитосферы Земли с солнечным ветром. Удержание и ускорение частиц в магнитосфере, магнитные бури, северные сияния.

Пример экзаменационного билета

1. Атмосфера Солнца. Модель фотосферы, грануляция. Хромосфера, солнечные пятна и магнитное поле. Корона и солнечный ветер
2. Взаимодействие магнитосферы Земли с солнечным ветром. Удержание и ускорение частиц в магнитосфере, магнитные бури, северные сияния.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Плазма в космосе»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного