

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОФИЗИКУ И КОСМОЛОГИЮ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	3	108	32	16	0		24	0	Э
Итого	3	108	32	16	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Предметом курса лекций является современное представление о главных этапах развития Вселенной с момента её образования в результате Большого взрыва и до наших дней. Рассматриваются основные космологические модели, которые позволяют описать рождение и последующую эволюцию Вселенной, её наблюдаемые характеристики и свойства. История Вселенной дополнена обзором основных методов её исследования, изучения различных астрофизических объектов. Обсуждаются современные представления о строении и эволюции звёзд и галактик, о крупномасштабной структуре Вселенной, приходя к выводу о существовании загадочных тёмной материи и тёмной энергии. Даются общие сведения об их свойствах, проявлениях и указывается на возможные пути экспериментального доказательства существования. Рассматривается влияние тёмных сущностей на эволюцию Вселенной в рамках модели Лямбда-CDM, затрагиваются вопросы существования Вселенной до Большого взрыва и в далёком будущем. Обсуждается развитие космологии в рамках теории струн, а также альтернативные версии происхождения и развития Вселенной.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина «Введение в астрофизику и космологию» вводится с целью ознакомления студентов с основными процессами физики космических излучений, проблем современной астрофизики и космологии, экспериментальных методик, существующих или создаваемых детекторов космических частиц и излучения. Из данного курса студент должен получить современные теоретические представления об источниках, механизмах ускорения и распространения космических лучей, а также экспериментальных методах исследования космических излучений. В рамках данного курса изучаются принципы работы современных детекторов космических излучений и новейшие результаты нейтринной астрономии.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина "Введение в астрофизику и космологию" входит в программу подготовки магистров по направлению 14.04.02 "Ядерная физика и технологии".

Знания, полученные в рамках дисциплины "Введение в астрофизику и космологию" составят базовый материал для изучения дисциплин профессионального цикла, а также будут необходимы для выполнения научно-исследовательского цикла.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
проведение научных исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, самостоятельное решение поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	ПК-11.1 [1] - Способен к научным исследованиям в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, к самостоятельному решению поставленной задачи с выбором необходимых средств, готовность к самостоятельной формулировке задач; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-11.1[1] - Знать методы исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; У-ПК-11.1[1] - Уметь самостоятельно решать задачи, связанные с исследованиями в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики, с выбором необходимых средств, а так же самостоятельно формулировать задачи;; В-ПК-11.1[1] - Владеть методами исследований в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики
физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и	ПК-11.3 [1] - Способен к физическому анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной; <i>Основание:</i>	З-ПК-11.3[1] - Знать методы физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; У-ПК-11.3[1] - Уметь

	системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	Профессиональный стандарт: 40.011	выполнять физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; В-ПК-11.3[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;
проектный			
проведение расчетов и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий;	математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы,	ПК-11.5 [1] - Способен проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-11.5[1] - Знать методы проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; У-ПК-11.5[1] - Уметь проводить проектирование детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;; В-ПК-11.5[1] - Владеть методами проектирования детекторов и установок, а также на концептуальном уровне самих экспериментов в

			области физики высоких энергий, космофизики и астрофизики;
технико-экономический анализ текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;	ПК-11.6 [1] - Способен к проведению предварительного технико-экономического анализа текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-11.6[1] - Знать методы проведения предварительного технико-экономического анализа текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;; У-ПК-11.6[1] - Уметь проводить предварительный технико-экономический анализ текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;; В-ПК-11.6[1] - Владеть методами проведения предварительного технико-экономического анализа текущих и перспективных разработок детекторов и установок в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и

			космофизики;
экспертный			
оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;	разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине;	ПК-11.7 [1] - Способен провести общую проверку предлагаемому решению, гипотезе в области экспериментальной ядерной физики и космофизики; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-11.7[1] - Знать методы проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; У-ПК-11.7[1] - Уметь проводить общую проверку предлагаемого решения, гипотезы в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;; В-ПК-11.7[1] - Владеть методами проверки предлагаемых решений, гипотез в области экспериментальной ядерной физики и космофизики;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/8/0	к.р-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, 3-ПК-11.3, У-ПК-11.3, В-ПК-11.3, 3-ПК-11.5, У-ПК-11.5, В-ПК-11.5, 3-ПК-11.6, У-ПК-11.6,

							В-ПК-11.6, З-ПК-11.7, У-ПК-11.7, В-ПК-11.7
2	Второй раздел	9-16	16/8/0	к.р-16 (25)	25	КИ-16	З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-ПК-11.3, У-ПК-11.3, В-ПК-11.3, З-ПК-11.5, У-ПК-11.5, В-ПК-11.5, З-ПК-11.6, У-ПК-11.6, В-ПК-11.6, З-ПК-11.7, У-ПК-11.7, В-ПК-11.7
	<i>Итого за I Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за I Семестр				50	Э	З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-ПК-11.3, У-ПК-11.3, В-ПК-11.3, З-ПК-11.5, У-ПК-11.5, В-ПК-11.5, З-ПК-11.6, У-ПК-11.6, В-ПК-11.6, З-ПК-11.7, У-ПК-11.7, В-ПК-11.7

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
--------	---------------------------	---------------	-------------------	---------------

	<i>I Семестр</i>	32	16	0
1-8	Первый раздел	16	8	0
1	Введение Общие представления об устройстве современной Вселенной, её структуры и масштабы. Эволюция Вселенной на временной шкале, роль физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий в её описании.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Наблюдения Вселенной Методы астрофизических исследований и всеволновая астрономия. Обзоры неба и глубокие поля наземных и космических телескопов. Особенности и ограничения существующих наблюдений.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Обзор классической теории гравитации Современные представления о теории гравитации. Чёрная дыра Шварцшильда и проблема сингулярности. Кротовые норы: мост Эйнштейна-Розена и червоточина Морриса-Торна. Возмущения пространства-времени и гравитационные волны. Красное смещение электромагнитного спектра.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Космологические модели расширяющейся Вселенной и теория Большого взрыва Космологическая сингулярность. Фазовые переходы в ранней Вселенной: от Планковской эпохи до первичного нуклеосинтеза. Барионная асимметрия Вселенной и реликтовые нейтрино. Модель космологической инфляции, модель горячей Вселенной и Вселенная Фридмана. Распространённость первородных химических элементов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	На пути к эре вещества Протонная эпоха: первичная рекомбинация и переход Вселенной из состояния плазмы в газообразное. Реликтовое микроволновое излучение: открытие, наблюдения и свойства. Тёмные века. Первые звёзды и эпоха реионизации.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Возникновение и эволюция галактик Масса и размер Джинса. Теории возникновения галактик и коллапс протогалактического облака. Прямой коллапс вещества в чёрные дыры и первые квазары. Наблюдения галактик на разных красных смещениях. Динамическая, спектрофотометрическая и химическая эволюции.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Возникновение и эволюция звёзд Образование и горение первых звёзд. Звёздные ясли и звёзды старших поколений. Данные наблюдений, звёздные населения и диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Стадии эволюции звезды и эволюционные пути. Конечные состояния звёзд. Эволюция Солнца.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Крупномасштабная структура Вселенной Наблюдаемые масштабы неоднородностей современной Вселенной, рождение и эволюция крупномасштабных структур. Фотометрический парадокс. Ускоренное расширение Вселенной и парадокс Сэндида.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Космологическая модель Лямбда-CDM с тёмной материей и тёмной энергией.			
9-16	Второй раздел	16	8	0
9	Тёмная материя (1) Астрофизические проявления тёмной материи: кинематика и динамика звёзд в галактиках, движение галактик-спутников, галактики-призраки и сталкивающиеся галактики. Гравитационное линзирование. Компактные массивные объекты гало Галактики.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тёмная материя (2) Космологические проявления тёмной материи: влияние на химический состав, спектр реликтового излучения и формирование крупномасштабной структуры Вселенной. Численное моделирование Вселенной в модели Лямбда-CDM и других. Возраст Вселенной и её населения.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тёмная материя (3) Частицы-кандидаты в тёмную материю. Рождение частиц тёмной материи на ускорителях. Прямая регистрация в наземных и подземных экспериментах. Косвенные поиски в космическом излучении. Альтернативы и модификации теории гравитации.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тёмная энергия Природа тёмной энергии: космологическая константа, квинтэссенция или модификация теории гравитации. Критическая плотность Вселенной и влияние тёмных субстанций на судьбу Вселенной. Обзор сценариев финала.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Стадия космологической инфляции Проблемы объяснения крупномасштабной структуры и плоскостности Вселенной в модели горячего Большого взрыва. Гипотеза и модели инфляции. Генерация космологических возмущений на инфляционной стадии. Парадоксы и критика инфляционной модели. Реликтовые гравитационные волны.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Гипотезы начала и сценарии финала Вселенной. Геометрия и мироздание: множества Калаби-Яу и ДНК теории струн. Компактные измерения и браны. Струнная космология и вывод теории инфляции. Космологическая инфляция в наши дни. Квантовое пространство-время и его распад. Распускающаяся Вселенная.	Всего аудиторных часов		
		6	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты

ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование, иллюстративный материал в форме презентаций и образовательных материалов из интернета.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-11.1	З-ПК-11.1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	У-ПК-11.1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	В-ПК-11.1	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
ПК-11.3	З-ПК-11.3	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	У-ПК-11.3	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	В-ПК-11.3	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
ПК-11.5	З-ПК-11.5	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	У-ПК-11.5	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	В-ПК-11.5	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
ПК-11.6	З-ПК-11.6	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	У-ПК-11.6	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	В-ПК-11.6	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
ПК-11.7	З-ПК-11.7	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	У-ПК-11.7	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16
	В-ПК-11.7	Э, КИ-8, КИ-16, к.р-8, к.р-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически

			стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа студентов является одним из основных видов познавательной деятельности, направленной на более глубокое и разностороннее изучение материалов дисциплины «Введение в астрофизику и космологию». Основная часть времени, предусмотренного для самостоятельной работы студентов по дисциплине, отводится на подготовку к лекционным занятиям и итоговому контролю (зачету). Студенты должны прочитать рекомендованные преподавателем учебные и научные материалы.

Самостоятельная аудиторная работа студентов включает обязательное посещение лекций, их конспектирование в тетради. Самостоятельная внеаудиторная работа студентов включает обязательное выполнение домашних заданий, разбор лекционного материала.

Результаты выполнения самостоятельной работы проверяются и оцениваются преподавателем в ходе текущего (промежуточного, итогового) контроля в соответствии с рейтинговой системой оценки и учета успеваемости, учебным планом (расписанием занятий, зачётно-экзаменационной сессии).

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа студентов является одним из основных видов познавательной деятельности, направленной на более глубокое и разностороннее изучение материалов дисциплины «Введение в астрофизику и космологию». Основная часть времени, предусмотренного для самостоятельной работы студентов по дисциплине, отводится на подготовку к лекционным занятиям и итоговому контролю (зачету). Студенты должны прочитать рекомендованные преподавателем учебные и научные материалы.

Самостоятельная аудиторная работа студентов включает обязательное посещение лекций, их конспектирование в тетради. Самостоятельная внеаудиторная работа студентов включает обязательное выполнение домашних заданий, разбор лекционного материала.

Результаты выполнения самостоятельной работы проверяются и оцениваются преподавателем в ходе текущего (промежуточного, итогового) контроля в соответствии с рейтинговой системой оценки и учета успеваемости, учебным планом (расписанием занятий, зачётно-экзаменационной сессии).

Автор(ы):

Роденко Светлана Александровна

Майоров Андрей Георгиевич, к.ф.-м.н., доцент