

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0820-573.1

от 31.08.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОФИЗИКУ И КОСМОЛОГИЮ

Направление подготовки
(специальность)

14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	2	72	16	32	0	24	0	3
Итого	2	72	16	32	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Введение в астрофизику и космологию» – дать студентам основные представления о структуре Вселенной, физике звезд и их эволюции, астрофизике космических лучей.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Введение в астрофизику и космологию» – дать студентам основные представления о структуре Вселенной, физике звезд и их эволюции, астрофизике космических лучей.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к вариативной части Профессионального цикла (БЗ.ДВ) и является кур-сом по выбору. Поставлена на 7-й семестр для студентов 40-й и 11-й кафедр. К данному времени студенты уже пройдут спец.курсы необходимые для начала изучения - по квантовой механике, ядерной физике и др. Также, изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и дипломной работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

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

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п. п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/0	КИ-8	КИ-8	25	
2	Часть 2	9-16	8/16/0	КИ-16	КИ-16	25	
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/32/0			50	
	Контрольные мероприятия				3	50	

	ия за 7 Семестр					
--	--------------------	--	--	--	--	--

* – 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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Часть 1	8	16	0
1	Структура современной Вселенной Единицы измерения в астрономии. Масштабы астрофизических объектов: звёзды, звёздные скопления, галактики и их скопления, обозримая Вселенная, войды. Характеристики межзвёздной среды, структура Галактики. Структура современной Вселенной.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
2 - 3	Расширяющаяся Вселенная Систематическое красное смещение галактик. Закон Хаббла. Космологический принцип. Ньютоновская модель расширяющейся Вселенной, критическая плотность. Основы ОТО. Уравнения Фридмана эволюции Вселенной. Основные космологические параметры. Стадии эволюции вещества (RD, MD, темная энергия).	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
4 - 6	Основы теории образования крупномасштабной структуры Вселенной Теория Джинса. Джинсовская длина и масса. Внутренние проблемы теории. Обобщение теории Джинса на случай расширяющейся Вселенной. Теория Боннора	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
7	Классификация звезд Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Главная последовательность. Красные гиганты, сверхгиганты. Голубые гиганты. Массы, светимости, звездный ветер. Эволюционные треки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
8 - 9	Основы физики внутреннего строения звезд Теория политропных шаров. Уравнения Эмдена. Уравнения равновесия звезды, основные свойства их решения. Энтальпия, теорема вириала для звезд. Более точные уравнения, учет переноса энергии. Характерные времена эволюции звёзд: динамическое, тепловое, ядерное. Эддингтоновский предел.	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		

9-16	Часть 2	8	16	0
9 - 10	Ядерные циклы, нейтринное излучение звезд Скорость термоядерных реакций, фактор Гамова подбарьерного перехода, S-фактор. Вычисление характерного времени реакции. Ядерные реакции звёзд главной последовательности: pp- и CNO-циклы. Спектры солнечных нейтрино. Стандартная солнечная модель.	Всего аудиторных часов		
		2	4	
		Онлайн		
11	Релятивистские звезды Уравнение состояния вырожденного электронного газа, нерелятивистский и релятивистский случаи. Предел Чандрасекара для белых карликов. Нейтронизация вещества, нейтринное излучение, взрывы сверхновых, предел Оппенгеймера-Волкова.	Всего аудиторных часов		
		1	2	
		Онлайн		
12	Особенности эволюции двойных систем Точки Лагранжа. Полость Роша. Обмен вещества. Вспышки новых.	Всего аудиторных часов		
		1	2	
		Онлайн		
13	Аккреция Элементы теории аккреции вещества. Случаи сферически-симметричной (задача Бонди), цилиндрической, дисковой аккреции. Аккреция на нейтронные звезды (радиопульсар, пропеллер, аккректор и барстер, георотатор) и черные дыры (рентгеновское излучение).	Всего аудиторных часов		
		1	2	
		Онлайн		
14	Основные сведения о космических лучах (КЛ) Основные понятия, интенсивность, состав, общая картина спектров (протонно-ядерная компонента, электроны, позитроны, гамма, антипротоны), «коллено», «лодыжка». Классификация КЛ по происхождению (первичные и вторичные лучи, галактические и внегалактические, атмосферные и альбедо). Наблюдения КЛ. Основные эксперименты. Классификация по происхождению и типу источников: дискретное и рассеянное, распады пи0, «обратный Комптон», неразрешенные источники, изотропная компонента. Данные наблюдений. Зависимость интенсивности от плотности источников.	Всего аудиторных часов		
		1	2	
		Онлайн		
15 - 16	Основные источники КЛ Основные источники (первичное ускорение). Распространение заряженных КЛ: диффузия в магн. полях, вторичное ускорение (механизмы Ферми), потери энергии (на фотонах среды, синхротрон, ионизацию), расчетные модели рас-пространения в Галактике (leaky box, более точные уравнения переноса, программы расчета), Солнечные модуляции (модель силового поля, модель с учетом знака заряда). Данные о позитронах, антипротонах. Основные сведения, установки, данные, проблемы. Проблемы распространения для протонов (предел ГЗК), фотонов, электронов. Методы определения сорта первичной частицы по анализу ШАЛ, существующие результаты. Модели top-down, down-up и ограничения на них.	Всего аудиторных часов		
		2	4	
		Онлайн		

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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
2 - 3	Расширяющаяся Вселенная Систематическое красное смещение галактик. Закон Хаббла. Космологический принцип. Ньютоновская модель расширяющейся Вселенной, критическая плотность. Уравнения Фридмана эволюции Вселенной. Основные космологические параметры. Стадии эволюции вещества (RD, MD, темная энергия).
4 - 8	Основы физики внутреннего строения звезд Приближенные уравнения равновесия звезды, основные свойства их решения. Энтальпия, теорема вириала для звезд. Более точные уравнения, учет переноса энергии. Характерные времена эволюции звёзд: динамическое, тепловое, ядерное.
9 - 12	Ядерные циклы, нейтринное излучение звезд Скорость реакций под барьером, фактор Гамова, S-фактор. Ядерные реакции звёзд главной последовательности: pp-цикл, CNO-цикл. Спектр солнечных нейтрино. Основные эксперименты по измерению потока солнечных нейтрино и их результаты (Хоумстейк, (Super-)Kamiokande, SAGE, Gallex, SNO, Borexino, ...).
13 - 16	Основные сведения о космических лучах (КЛ) Основные понятия, интенсивность, состав, общая картина спектров (протонно-ядерная компонента, электроны, позитроны, гамма, антипротоны), «коллено», «лодыжка». Классификация КЛ по происхождению (первичные и вторичные лучи, галактические и внегалактические, атмосферные и альбедо). Наблюдения КЛ. Основные эксперименты. Классификация по происхождению и типу источников: дискретное и рассеянное, распады пи0, «обратный Комптон», неразрешенные источники, изотропная компонента. Данные наблюдений. Зависимость интенсивности от плотности источников.

	Основные источники (первичное ускорение). Распространение заряженных КЛ: диффузия в магн. полях, вторичное ускорение (механизмы Ферми), потери энергии (на фотонах среды, синхротрон, ионизацию), расчетные модели рас-пространения в Галактике (leaky box, более точные уравнения переноса, программы расчета), Солнечные модуляции (модель силового поля, модель с учетом знака заряда). Данные о позитронах, антипротонах. Основные сведения, установки, данные, проблемы. Проблемы распространения для протонов (предел ГЗК), фотонов, электронов. Методы определения сорта первичной частицы по анализу ШАЛ, существующие результаты. Модели top-down, down-up и ограничения на них.
--	--

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 3	Расширяющаяся Вселенная Систематическое красное смещение галактик. Закон Хаббла. Космологический принцип. Ньютоновская модель расширяющейся Вселенной, критическая плотность. Уравнения Фридмана эволюции Вселенной. Основные космологические параметры. Стадии эволюции вещества (RD, MD, темная энергия).
4 - 8	Основы физики внутреннего строения звезд Приближенные уравнения равновесия звезды, основные свойства их решения. Энтальпия, теорема вириала для звезд. Более точные уравнения, учет переноса энергии. Характерные времена эволюции звёзд: динамическое, тепловое, ядерное.
9 - 12	Ядерные циклы, нейтринное излучение звезд Скорость реакций под барьером, фактор Гамова, S-фактор. Ядерные реакции звёзд главной последовательности: pp-цикл, CNO-цикл. Спектр солнечных нейтрино. Основные эксперименты по измерению потока солнечных нейтрино и их результаты (Хоумстейк, (Super-)Kamiokande, SAGE, Gallex, SNO, Borexino, ...).
13 - 16	Основные сведения о космических лучах (КЛ) Основные понятия, интенсивность, состав, общая картина спектров (протонно-ядерная компонента, электроны, позитроны, гамма, антипротоны), «коллено», «лодыжка». Классификация КЛ по происхождению (первичные и вторичные лучи, галактические и внегалактические, атмосферные и альбедо). Наблюдения КЛ. Основные эксперименты. Классификация по происхождению и типу источников: дискретное и рассеянное, распады π^0, «обратный Комптон», неразрешенные источники, изотропная компонента. Данные наблюдений. Зависимость интенсивности от плотности источников. Основные источники (первичное ускорение).

	Распространение заряженных КЛ: диффузия в магн. полях, вторичное ускорение (механизмы Ферми), потери энергии (на фотонах среды, синхротрон, ионизацию), расчетные модели рас-пространения в Галактике (leaky box, более точные уравнения переноса, программы расчета), Солнечные модуляции (модель силового поля, модель с учетом знака заряда). Данные о позитронах, антипротонах. Основные сведения, установки, данные, проблемы. Проблемы распространения для протонов (предел ГЗК), фотонов, электронов. Методы определения сорта первичной частицы по анализу ШАЛ, существующие результаты. Модели top-down, down-up и ограничения на них.
--	--

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Даже во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

На семинарах решаются задачи и даются на дом, которые разбираются на след. семинаре.

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
-------------	---------------------

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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А89 Astrophysics of Black Holes : From Fundamental Aspects to Latest Developments, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016
2. ЭИ S81 Star Formation in Galaxy Evolution: Connecting Numerical Models to Reality : Saas-Fee Advanced Course 43. Swiss Society for Astrophysics and Astronomy, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016
3. ЭИ Л 84 Физическая космология : , Москва: Физматлит, 2012
4. 539.1 Е60 Лекции по основам электрослабой модели и новой физике : учебное пособие для вузов, В. М. Емельянов, К. М. Белоцкий, Москва: МИФИ, 2007
5. ЭИ Е60 Лекции по основам электрослабой модели и новой физике : учебное пособие для вузов, В. М. Емельянов, К. М. Белоцкий, Москва: МИФИ, 2007
6. ЭИ Б88 Лекции по гравитации и космологии : учебное пособие для вузов, К. А. Бронников, С. Г. Рубин, Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 52 Ф57 Гравитация, астрофизика, космология : дополнительные главы курса общей физики, Москва: Либроком, 2017
2. ЭИ Б 53 Осесимметричные стационарные течения в астрофизике : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2005
3. ЭИ П 18 Радиогалактики и космология : , Москва: Физматлит, 2009
4. 52 З-36 Общая астрофизика : учеб. пособие для вузов, А. В. Засов, К. А. Постнов, Фрязино: Век 2, 2006
5. 52 Б53 Гравитация и астрофизика : , В. С. Бескин, Москва: Физматлит, 2009
6. 52 Б88 Лекции по гравитации и космологии : учебное пособие для вузов, К. А. Бронников, С. Г. Рубин, Москва: МИФИ, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Ядерная физика МГУ (<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>)
 2. arXiv (<http://arxiv.org/>)
- <https://online.mephi.ru/>
- <http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория ()

Автор(ы):

Кириллов Александр Александрович

Белоцкий Константин Михайлович, к.ф.-м.н.

