

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

411 ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ОФИСА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ (М)

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ (PHYSICS OF COSMIC RAYS)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 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./КСР/КП
7	3	108	32	0	0	22	0	Э
Итого	3	108	32	0	0	22	0	

АННОТАЦИЯ

Курс предназначен для студентов, планирующих работать в научных организациях или производственных предприятиях, связанных с фундаментальным или прикладным изучением ближнего и дальнего Космоса. В рамках курса рассматривается современная общая эволюционная картина мира, начиная от рождения Вселенной и формирования её крупномасштабной структуры, до жизни звёзд в галактиках и образования планет. Также изучаются основные механизмы генерации и ускорения частиц высоких энергий (более нескольких десятков МэВ) - космических лучей, в различных астрофизических объектах, включая Солнце и магнитосферы планет; распространение и взаимодействие космических лучей с межзвездной и межпланетной средой, магнитосферой и атмосферой Земли. Отмечается роль космических лучей в познании Вселенной и в изучении процессов взаимодействий частиц при сверхвысоких энергиях. Обсуждается прикладной аспект космофизических исследований, связанный с радиоактивным мониторингом околоземного космического пространства и вопросы рационального использования околоземного космического пространства.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина вводится с целью ознакомления студентов с основными процессами физики космических излучений, проблем современной астрофизики, экспериментальных методик, существующих или создаваемых детекторов космических частиц. Из данного курса студент должен получить современных теоретических представлениях 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 астрофизических исследований

Цели освоения дисциплины:

- дать студентам представления: о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения;
- ознакомление с современными моделями развития Вселенной во взаимосвязи с источниками различных космических излучений.

Задачи освоения дисциплины:

- получение современных теоретических представлений об источниках, механизмах ускорения и распространения космических лучей;
- ознакомление с основными современными экспериментальными методами исследования космических излучений;
- получение представлений о новейших результатах астрофизических исследований.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Знания, полученные студентами в рамках дисциплины, составят базовый материал для изучения дальнейших дисциплин, а также будут необходимы для выполнения научно-исследовательской работы.

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			
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации, физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц, источники излучения	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;
Получение знаний в области радиационной экологии, воздействия радиации, физики элементарных частиц и космологии,	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной

описание явлений в данной области.	элементарных частиц, источники излучения	исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
------------------------------------	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. 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>7 Семестр</i>						
1	Введение. Эволюция Вселенной. Галактические космические лучи.	1-8	16/0/0	Кл-8 (25)	25	КИ-8	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Солнечные космические лучи.	9-16	16/0/0	Кл-16 (25)	25	КИ-16	З-ПК-2,

	Космические лучи в околоземном пространстве. Космические лучи на уровне моря.						У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – 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
Кл	Коллоквиум
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	0	0
1-8	Введение. Эволюция Вселенной. Галактические космические лучи.	16	0	0
1	Введение Введение. Космические лучи: основные физические определения и экспериментальные сведения о потоках и энергетическом распределении в околоземном космическом пространстве. Роль физики космических лучей в фундаментальных и прикладных исследованиях Вселенной и окружающего пространства.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Расширяющаяся Вселенная	Всего аудиторных часов		

	Обзор эволюционной картины мира от Большого взрыва до формирования Галактик, звёзд и планетарных систем. Расширяющаяся Вселенная и закон Хаббла; тёмная материя и тёмная энергия во Вселенной.	2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Обзор экспериментальных данных Обзор экспериментальных сведений о потоках космических лучей в околоземном пространстве и их современная интерпретация. Классификация космических лучей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Галактические космические лучи Галактические космические лучи: основные известные и гипотетические (например, «тёмная» материя) источники, обзор механизмов генерации и ускорения.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Внегалактические космические лучи Внегалактические космические лучи (сверхвысоких энергий): основные источники, механизмы генерации и ускорения. Эффект Грейзена-Зацепина-Кузьмина.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Космические лучи в Галактике Структура Галактики. Прохождение галактических космических лучей через межзвездное пространство: общее уравнение переноса. Обзор различных моделей распространения космических лучей (однородная, диффузионная и др.).	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Космические лучи в Галактике Изменение энергетического спектра (доускорение) и химического состава галактических космических лучей в межзвёздной среде. Античастицы в галактических космических лучах.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Космические лучи в Гелиосфере Структура гелиосферы; межпланетное магнитное поле и солнечный ветер. Прохождение галактических космических лучей через гелиосферу: общее уравнение переноса. Влияние солнечной активности на вариации потока галактических космических лучей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Солнечные космические лучи. Космические лучи в околоземном пространстве. Космические лучи на уровне моря.	16	0	0
9	Аномальные космические лучи. Аномальные космические лучи.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Солнце Общее представление о строении Солнца. Генерация солнечных космических лучей и их распространение в межпланетном пространстве.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Космические лучи в магнитосфере Земли Магнитосфера Земли. Движение заряженных частиц в магнитном поле Земли. Геомагнитная система координат (Мак-Илвайна). Жесткость геомагнитного обрезания.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Космические лучи в околоземном пространстве Космические лучи в околоземном пространстве: альbedo,	Всего аудиторных часов		
		2	0	0

	квазизахваченные и захваченные магнитным полем Земли. Радиационный пояс Земли: состав и пространственное распределение захваченных частиц.	Онлайн		
		0	0	0
13	Космические лучи в атмосфере Земли Общие сведения о прохождении первичного космического излучения через атмосферу. Ядерный и электромагнитный каскады. Состав космических лучей на уровне моря.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Методы регистрации космических лучей Обзор методов регистрации и изучения космических лучей. Основные подземные и наземные эксперименты по регистрации космических лучей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Методы регистрации космических лучей Обзор методов регистрации и изучения космических лучей. Основные космические эксперименты по регистрации космических лучей.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Направления развития космических исследований в ближайшее время Новые проекты и экспериментальные установки в области физики космических лучей для фундаментальных и прикладных исследований Вселенной и ближнего Космоса. Глобальный мониторинг околоземного космического пространства (космическая погода, сейсмамагнитосферные связи и др.).	Всего аудиторных часов		
		2	0	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе проведения лекций используется мультимедийное оборудование, иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из LMS и электронных ресурсов.

7. 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-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-16
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-16
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16, Кл-8, Кл-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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Я 40 Астрономия. Солнечная система : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2022
2. ЭИ Г 96 Основы астрофизики и космологии : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Г 96 Основы астрофизики и космологии : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2021
2. ЭИ Б 69 Основы релятивистской астрофизики : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2021

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. The Review of Particle Physics. (<http://pdg.lbl.gov/>)
 2. Сайт Уникальной научной установки «Экспериментальный комплекс НЕБОД» (<http://ununevod.mephi.ru/ru/>)
 3. Электронная библиотека НИЯУ МИФИ (www.library.mephi.ru)
 4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. (<http://elibrary.ru/>)
- <https://online.mephi.ru/>
- <http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного освоения курса необходимы систематические занятия. Физика космических лучей постоянно развивается, поэтому трудно порекомендовать определенный учебник – основу курса составляют экспериментальные и теоретические исследования, результаты которых публикуются в периодических научных изданиях. Следовательно, залогом успешного освоения данной дисциплины является регулярное посещение занятий, конспектирование и последующая проработка материала, выполнение всех заданий. Особая роль отводится самостоятельной работе студентов. С целью углубления знаний будет полезно изучать дополнительную литературу (в основном статьи) с использованием рекомендованных преподавателем Интернет-ресурсов. По завершении курса требуется научиться кратко формулировать рассмотренные физические закономерности и их применения, условия проведения и результаты экспериментов, делать быстрые оценки искомых физических величин и анализировать их правдоподобность.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Основные цели освоения дисциплины - дать студентам представления о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения и ознакомить с современными моделями развития Вселенной во взаимосвязи с источниками различных космических излучений.

Курс данной дисциплины удобно разделить на две части. В первой части необходимо разобрать основные темы по эволюции Вселенной и галактическим космическим лучам. Во втором разделе целесообразно рассмотреть темы «Солнечные космические лучи», «Космические лучи в околоземном пространстве», «Космические лучи на уровне моря».

Обязательно необходимо обратить внимание учащихся на различные методы регистрации КЛ, их достоинства и недостатки.

В познавательных целях (и чтобы избежать излишней сухости изложения) полезно иногда давать исторические экскурсы по тематике данного курса (например, интересные факты, касающиеся открытия частиц космических лучей, развития методов их регистрации и т.д.). Одним из существенных моментов обучения является необходимость привития студентам навыка делать быстрые оценки требуемых физических величин (например, де-бройлевская длина волны, средние потери энергии при прохождении через вещество, пробег, и т.п.).

Автор(ы):

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