

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 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика
[2] 14.04.02 Ядерная физика и технологии
[3] 22.04.01 Материаловедение и технологии
материалов

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, 1	2	72	0	32	0		40	0	3
Итого	2	72	0	32	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Курс лекций «Солнечно-земная нейтринная физика» предназначен для углубленного изучения нейтринной физики. Для лучшего освоения данного курса рекомендуется прослушать курс «Ядерная физика» с разделом «Основы физики нейтрино».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе подробно рассматриваются источники нейтрино и антинейтрино, создающие значимые потоки на поверхности Земли. По каждому источнику приводятся его характеристики, такие, как энергетический спектр, расположение относительно поверхности Земли. Основная задача курса - углубление изучения нейтринной физики, в том числе - в понимании раздела, связанного с источниками потоков нейтрино в окрестности Земли.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина входит в блок элективных (по выбору) дисциплин на 1 курсе образовательной программы

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий
УК-3 [2] – Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	З-УК-3 [2] – Знать: методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства У-УК-3 [2] – Уметь: разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели

	В-УК-3 [2] – Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом
УК-4 [2] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	3-УК-4 [2] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия У-УК-4 [2] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия В-УК-4 [2] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий
УКЦ-2 [2] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	3-УКЦ-2 [2] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [2] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [2] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

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			
проведении исследований и разработок новых материалов и композиций, научных и прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий	методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и	ПК-2 [3] - Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах	3-ПК-2[3] - Знать основные физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, ; У-ПК-2[3] - Уметь

	испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик	исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов;; В-ПК-2[3] - Владеть навыками проведения комплексных исследований, применяя стандартные и сертификационные испытания.
1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия лазерного и ионизирующего излучения с веществом; создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах, ускорителях, коллайдерах, масс-спектрометрах; создание методов расчета разделения изотопных и молекулярных смесей; создание современных электронных устройств сбора и обработки информации, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучений; разработка методов повышения безопасности ядерных и	1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные системы сбора и обработки данных для ядерных и физических установок математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений	ПК-4 [2] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 40.008, 40.011	3-ПК-4[2] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[2] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[2] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения

лазерных установок, материалов и технологий; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды			экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов,	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, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине,	ПК-7 [1] - способен использовать и оценивать современные достижения науки и техники для решения профессиональных задач в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-7[1] - знать новые методы совершенствования действующих технологических процессов; ; У-ПК-7[1] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-7[1] - владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ

систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	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, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
проектный			
4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта;	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов	ПК-5 [2] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 40.008, 40.011	3-ПК-5[2] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[2] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[2] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании

использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий			физических процессов и установок
4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов	ПК-6 [2] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 40.008, 40.011	3-ПК-6[2] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ; У-ПК-6[2] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; В-ПК-6[2] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий,

			составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
производственно-технологический			
5 Разработка способов проведения ядерно-физических экспериментов и экспериментов в смежных областях науки и техники, способов применения ядерно-физических методик в решении технологических проблем; использование результатов проводимых исследований и разработок в технологических и производственных целях; реализация цепочки: исследование, развитие, технология, производство	5 Современный ядерно-физический эксперимент, современные детекторные системы и электронные системы сбора и обработки данных для ядерно-физических установок, математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер	ПК-9 [2] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 40.011	З-ПК-9[2] - Знать регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[2] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[2] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок
экспертный			
7 Анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в наукоемком производстве, экологии и безопасности и другим нормативным актам; оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню; рецензирование проектов, заявок, технических заданий, рефератов и отчетов	7 Научные исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию данных, сбор и обработку научной информации; создание и применение экспериментальных методов, установок и систем в области физики ядра, частиц, космических лучей и астрофизики	ПК-11 [2] - Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам <i>Основание:</i>	З-ПК-11[2] - Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности ; У-ПК-11[2] - Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом

		Профессиональный стандарт: 24.028, 40.011	их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11[2] - владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам
совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой, созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих ядерную энергию	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические	ПК-12 [2] - Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 40.011	З-ПК-12[2] - Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню ; У-ПК-12[2] - Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение; В-ПК-12[2] - Владеть навыками подготовки экспертных заключений по

	модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.		предлагаемым проектам
--	---	--	-----------------------

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	0/16/0		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Второй раздел	9-16	0/16/0		25	КИ-16	3-ПК-9,

							У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		0/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2

* – 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
3	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	0	32	0
1-8	Первый раздел	0	16	0
1 - 2	Лекция 1. Введение в нейтринную физику. Источники нейтрино в природе. Солнце, ядерные реакторы, ядерные взрывы, атмосфера, искусственные источники (ускорители и изотопы), недра Земли, вспышки сверхновых, ядра галактик.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 2	Лекция 1. Введение в нейтринную физику. Источники нейтрино в природе. Солнце, ядерные реакторы, ядерные взрывы, атмосфера, искусственные источники (ускорители и изотопы), недра Земли, вспышки сверхновых, ядра галактик.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Лекция 2. Ядерные реакторы и нейтрино. Управляемая цепная реакция деления. Осколки деления. Накопление долгоживущих осколков в ходе кампании ядерного реактора. Энергетический спектр частиц при бета-распаде. Симметрия бета и антинейтринного спектра. Энергетический спектр ядерного реактора.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Лекция 2. Ядерные реакторы и нейтрино. Управляемая цепная реакция деления. Осколки деления. Накопление долгоживущих осколков в ходе кампании ядерного реактора. Энергетический спектр частиц при бета-распаде. Симметрия бета и антинейтринного спектра. Энергетический спектр ядерного реактора.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Ядерные реакторы и нейтрино. Эксперименты с антинейтрино от ядерного реактора: SRP, Goesgen, Bugey, Rovno, Krasnoyarsk. Реакция обратного бета-распада (ОБР). Реакция захвата нейтрино (ОБР) на ядрах. Реакция рассеяния на электроне. Реакция когерентного рассеяния на ядрах.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Ядерные реакторы и нейтрино. Эксперименты с антинейтрино от ядерного реактора: SRP, Goesgen, Bugey, Rovno, Krasnoyarsk. Реакция обратного бета-распада (ОБР). Реакция захвата нейтрино (ОБР) на ядрах. Реакция рассеяния на электроне. Реакция когерентного рассеяния на ядрах.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Ядерные реакторы и нейтрино. Современные эксперименты с реакторными нейтрино: подтверждение осцилляций нейтрино первого поколения нейтрино во второе KamLAND, обнаружений осцилляций первого поколения в третьем в экспериментах Daya Bay, RENO и Double Chooz. Будущий эксперимент по поиску иерархии масс нейтрино JUNO. Спектр от ядерного	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	взрыва.			
4 - 5	Ядерные реакторы и нейтрино. Современные эксперименты с реакторными нейтрино: подтверждение осцилляций нейтрино первого поколения нейтрино во второе KamLAND, обнаружений осцилляций первого поколения в третьем в экспериментах Daya Bay, RENO и Double Chooz. Будущий эксперимент по поиску иерархии масс нейтрино JUNO. Спектр от ядерного взрыва.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Ядерные реакторы и нейтрино. Эксперименты по поиску стерильных нейтрино: Нейтрино-4,	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Ядерные реакторы и нейтрино. Эксперименты по поиску стерильных нейтрино: Нейтрино-4,	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	Ядерные реакторы и нейтрино. Другие эксперименты с реакторными нейтрино: поиск магнитного момента GEMMA, когерентное рассеяние нейтрино на ядрах РЭД-100. Изучение возможностей использования антинейтрино для мониторингирования активной зоны ядерного реактора.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	Ядерные реакторы и нейтрино. Другие эксперименты с реакторными нейтрино: поиск магнитного момента GEMMA, когерентное рассеяние нейтрино на ядрах РЭД-100. Изучение возможностей использования антинейтрино для мониторингирования активной зоны ядерного реактора.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Солнце и нейтрино. Источники солнечной энергии и нейтрино – термоядерные реакции синтеза. pp-cycle, CNO cycle. He, C, Ne, O, Si.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Солнце и нейтрино. Источники солнечной энергии и нейтрино – термоядерные реакции синтеза. pp-cycle, CNO cycle. He, C, Ne, O, Si.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8 - 9	Солнце и нейтрино. Детекторы солнечных нейтрино: South Dakota, SNO, Super-Kamiokande, Borexino, SAGE и Gallex. Гипотеза нейтринных осцилляций. Новые детекторы солнечных нейтрино LENS-2.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8 - 9	Солнце и нейтрино. Детекторы солнечных нейтрино: South Dakota, SNO, Super-Kamiokande, Borexino, SAGE и Gallex. Гипотеза нейтринных осцилляций. Новые детекторы солнечных нейтрино LENS-2.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	0	16	0
9 - 10	Земля и нейтрино. Геонейтрино. Зачем изучать гео-нейтрино? Тепловой поток Земли. Модели Земли.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		

		0	0	0
9 - 10	Земля и нейтрино. Геонейтрино. Зачем изучать гео-нейтрино? Тепловой поток Земли. Модели Земли.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	Земля и нейтрино. Детекторы геонейтрино: Borexino, KamLAND. Поиск источников нейтрино в Земле, используя информацию о направлении нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	Земля и нейтрино. Детекторы геонейтрино: Borexino, KamLAND. Поиск источников нейтрино в Земле, используя информацию о направлении нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Земля и нейтрино. Поиск потока 40K из Земли. Детекторы будущего: Liquide-O (Oraque), детектор калиевых нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Земля и нейтрино. Поиск потока 40K из Земли. Детекторы будущего: Liquide-O (Oraque), детектор калиевых нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Вспышки сверхновых и нейтрино. Существующие детекторы: Super-Kamiokande, SNO+, KamLAND, JUNO. Новые результаты измерений.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Вспышки сверхновых и нейтрино. Существующие детекторы: Super-Kamiokande, SNO+, KamLAND, JUNO. Новые результаты измерений.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Атмосферные нейтрино. Эксперимент Super-Kamiokande. Осцилляции второго поколения нейтрино в третьем. Исследование внутренних слоев Земли с использованием атмосферных нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Атмосферные нейтрино. Эксперимент Super-Kamiokande. Осцилляции второго поколения нейтрино в третьем. Исследование внутренних слоев Земли с использованием атмосферных нейтрино.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Ускорительные нейтрино. Эксперименты Super-Kamiokande, DUNE, OPERA (подтверждение осцилляций второго поколения нейтрино в третьем)	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Ускорительные нейтрино. Эксперименты Super-Kamiokande, DUNE, OPERA (подтверждение осцилляций второго поколения нейтрино в третьем)	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Искусственные источники нейтрино . Искусственные источники нейтрино ^{90}Sr , ^{51}Cr , ^{144}Ce , ^3H . Эксперименты с искусственными источниками нейтрино. Поиск экзотических осцилляций. Проверка симметрии спектров антинейтрино и электронов в бета-распаде.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Искусственные источники нейтрино .	Всего аудиторных часов		

	Искусственные источники нейтрино ^{90}Sr , ^{51}Cr , ^{144}Ce , ^3H . Эксперименты с искусственными источниками нейтрино. Поиск экзотических осцилляций. Проверка симметрии спектров антинейтрино и электронов в бета-распаде.	0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Внегалактические нейтрино. Эксперименты в природных водоемах: GVD на озере Байкал, KM3, South pole в Антарктиде.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
16	Внегалактические нейтрино. Эксперименты в природных водоемах: GVD на озере Байкал, KM3, South pole в Антарктиде.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		0	2	0
16	Внегалактические нейтрино. Эксперименты в природных водоемах: GVD на озере Байкал, KM3, South pole в Антарктиде.	Онлайн		
		0	0	0
		Всего аудиторных часов		

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

Лекции проводятся с использованием обсуждений и дискуссий по заранее спланированному списку научных тем

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	З-ПК-11	З, КИ-16
	У-ПК-11	З, КИ-16
	В-ПК-11	З, КИ-16
ПК-12	З-ПК-12	З, КИ-16
	У-ПК-12	З, КИ-16
	В-ПК-12	З, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8
	У-ПК-4	З, КИ-8

	В-ПК-4	3, КИ-8
ПК-5	З-ПК-5	3, КИ-8
	У-ПК-5	3, КИ-8
	В-ПК-5	3, КИ-8
ПК-6	З-ПК-6	3, КИ-8
	У-ПК-6	3, КИ-8
	В-ПК-6	3, КИ-8
ПК-9	З-ПК-9	3, КИ-16
	У-ПК-9	3, КИ-16
	В-ПК-9	3, КИ-16
УК-1	З-УК-1	3, КИ-8
	У-УК-1	3, КИ-8
	В-УК-1	3, КИ-8
УК-3	З-УК-3	3, КИ-8
	У-УК-3	3, КИ-8
	В-УК-3	3, КИ-8
УК-4	З-УК-4	3, КИ-8
	У-УК-4	3, КИ-8
	В-УК-4	3, КИ-8
УКЦ-2	З-УКЦ-2	3, КИ-8
	У-УКЦ-2	3, КИ-8
	В-УКЦ-2	3, КИ-8
ПК-2	З-ПК-2	3, КИ-8
	У-ПК-2	3, КИ-8
	В-ПК-2	3, КИ-8
ПК-7	З-ПК-7	3, КИ-8
	У-ПК-7	3, КИ-8
	В-ПК-7	3, КИ-8

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»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская
75-84		C	
70-74		D	

			существенных неточностей в ответе на вопрос.
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

Рассматриваются известные реакции взаимодействия нейтрино с веществом. Разбираются работающие и проектируемые детекторы нейтрино и эксперименты, в которых они используются. В конце рассмотрения каждого источника приводятся, возможные в будущем, эксперименты и обсуждается вопрос - какие результаты могут быть получены.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для лучшего усвоения курса студентами рекомендуется активное взаимодействие с аудиторией, контроль посещения лекций и проведение заключительных лекций с участием представителей студенческой аудитории, желающих продемонстрировать свои знания.

Автор(ы):

Синев Валерий Витальевич

Рецензент(ы):

Куденко Ю.Г., профессор-совместитель каф.11