

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЙ

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, экс./зач./КР/КП
8	3	108	30	10	0		31	10	Э
Итого	3	108	30	10	0	0	31	10	

АННОТАЦИЯ

Изучаются классификация и свойства ионизирующих частиц и типы их взаимодействия с веществом. Дается информация о детекторах, основанных на регистрации ионизации в веществе, сцинтилляции, черенковского излучения, переходного излучения и др. Изучаются детекторы, предназначенные для регистрации нейтральных частиц (нейтроны, нейтрино, WIMP). Отдельно рассмотрены вопросы гамма-спектрометрии.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является приобретение навыков и умений в области разработки, создания и использования детекторов ядерного излучения для экспериментальной ядерной физики и космофизики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина базируется на прослушанных курсах физика: электричество и магнетизм, электротехника, электроника, ядерно-физические приборы и методы в космофизическом и наземном эксперименте, экспериментальные методы ядерной физики. Полученные в ходе освоения дисциплины знания необходимы для освоения курса современный ядерно-физический эксперимент на наземных установках и в космосе, а также проведения научно-исследовательской работы, прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной 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 новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный	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

<p>Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.</p>	<p>Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.</p>	<p>исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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</p>
<p>проектный</p>			
<p>Участие в формировании целей проекта, решения задач, критериев и показателей достижения целей, в построении структуры их взаимосвязей, выявлении приоритетов решения задач с учетом аспектов деятельности;</p>	<p>Ускорители заряженных частиц и детекторы элементарных частиц</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - знать методы анализа для технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов; ; У-ПК-5[1] - уметь проводить предварительные технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов; В-ПК-5[1] - владеть методами проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных</p>	<p>Разработка и совершенствование современных ускорительно-</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке,</p>	<p>З-ПК-7[1] - Знать требования стандартов при проведении монтажа,</p>

частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом.	накопительных комплексов.	испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	наладки, настройки, регулировки, испытаний оборудования и программных средств. ; У-ПК-7[1] - Уметь проводить монтаж, наладку, настройку, регулировку, испытание оборудования и программных средств; В-ПК-7[1] - Владеть навыками монтажа, наладки, настройки, регулировки, испытания и ввода в эксплуатацию оборудования и программных средств
--	---------------------------	---	--

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/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-9	18/6/0		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5,

							У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Второй раздел	10-15	12/4/0		25	КИ-15	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		30/10/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	30	10	0
1-9	Первый раздел	18	6	0
1	Задачи физического эксперимента. Задачи физического эксперимента. Ускорительные эксперименты и эксперименты в космосе. Измеряемые параметры излучения (масса, заряд, энергия, траектория). Особенности регистрации заряженных и нейтральных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Взаимодействие заряженных частиц. Взаимодействие заряженных частиц. -ионизационные потери; -многократное рассеяние; -черенковское и тормозное излучение; -переходное излучение.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Взаимодействие нейтральных частиц. Взаимодействие нейтральных частиц. -рентгеновское и гамма излучения (фотоэффект, комптоновское образование пар); -нейтроны (по отдаче, реакции захвата); -нейтрино (радиохимические методы, протоны отдачи); -WIMP, реликтовое излучение.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Сцинтилляционные счетчики. Сцинтилляционные счетчики. -принцип работы сцинтиллятора; -пластические сцинтилляторы; -кристаллические сцинтилляторы; -сцинтилляторы для регистрации нейтронов; -новые разработки (BGO).	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Черенковские детекторы и электроника сцинтилляционных и черенковских детекторов. Черенковские детекторы и электроника сцинтилляционных и черенковских детекторов. -принцип работы; -твердотельные, жидкостные и газовые детекторы; -принципы построения электроники сцинтилляционных и черенковских детекторов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Фотоприемники. Фотоприемники. -ФЭУ; -СРМ; -фотодиоды; -особенности первого каскада электроники.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

7	Полупроводниковые детекторы. Полупроводниковые детекторы. -принцип работы ППД; -Ge детекторы; -Si детекторы; -CZT и другие новые детекторы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Полупроводниковые детекторы и принципы построения электроники ППД. Полупроводниковые детекторы и принципы построения электроники ППД. -полупроводниковые дрейфовые детекторы; -пиксельные детекторы; -кремниевые микростриповые детекторы; -малошумящие усилители; -криогеника для ППД.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	Газовые детекторы. Газовые детекторы. -пропорциональные камеры; -дрейфовые камеры; -электр люминесцентные камеры; -микросеточные газовые усилители	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10-15	Второй раздел	12	4	0
10	Спектрометрия гамма-излучения. Спектрометрия гамма-излучения. -понятия о спектрах; -детекторы, используемые в гамма-спектрометрии; -кристаллические спектрометры; -полупроводниковые спектрометры; -ксеноновые спектрометры.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Спектрометрия гамма-излучения (продолжение). Спектрометрия гамма-излучения (продолжение). -процессы регистрации гамма-излучения в реальных детекторах (краевые эффекты, escape и др.); -примеры использования гамма-детекторов в спектрометрических целях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Спектрометрия заряженных частиц. Спектрометрия заряженных частиц. -магнитные спектрометры; -dE/dx; -время пролетные системы; -переходное излучение; -калориметрия.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Методы детектирования слабозаимодействующих частиц. Методы детектирования слабозаимодействующих частиц. -нейтрино; - WIMP; -примеры экспериментальных установок для регистрации этих частиц; -учет фонов при постановке эксперимента.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Трековые детекторы. Трековые детекторы.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0

	-устройства на основе стриповых детекторов; -устройства на основе дрейфовых камер; -устройства на основе многослойных искровых камер.	Онлайн		
		0	0	0
15	Процесс подготовки и проведения физического эксперимента. Процесс подготовки и проведения физического эксперимента. -выбор физической задачи; -оценка фоновых условий; -проект физической установки; -моделирование установки; -создание установки; -тестовые испытания и калибровки; -проведение эксперимента; -получение и обработка результатов; -анализ полученных результатов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	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

Курс состоит из разных форм обучения: лекции, самостоятельная работа. Лекции проводятся с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, в т.ч. мультимедийных. Студенты осваивают современную научную аппаратуру и её применение для решения поставленных физических задач. Предусмотрено обучение «в сотрудничестве» и групповая работа студентов, а также семинары-практикумы, индивидуальные и групповые консультации.

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-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15

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 существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	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 – «неудовлетворительно»	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.
--	--	--	---

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б79 Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : , Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 539.1 Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Ю.Б. Гуров, Б. А. Чернышев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.5 К68 Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие для вузов, С. А. Королев, В. П. Михеев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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

Целями освоения учебной дисциплины являются ознакомление студентов с основными видами излучений: заряженные частицы (протоны, ядра, электроны и др.), нейтральные частицы (нейтроны, нейтрино), электромагнитное излучение; механизмами их взаимодействия с веществом; основными разновидностями детекторов для регистрации излучений, их рабочими характеристиками и областью применений.

В итоге освоения курса предполагается выработать у студентов уровень осведомлённости об основных детекторах излучения необходимый для эффективной работы в лабораториях, занимающихся постановкой ядернофизических и астрофизических экспериментов, в учреждениях, работающих с различными аспектами ядерной тематики.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Особое внимание при чтении лекции следует уделять контролю за тем насколько хорошо студенты воспринимают информацию. Следует периодически обращаться к аудитории с вопросом о базовой информации, полученной студентами на предыдущих курсах или лекциях по данному предмету, непосредственно связанных с излагаемым материалом. Это позволяет вовлекать студентов в более активное участие в прослушивании лекции, вновь подключаться к активному пониманию материала, если он, по какой-то причине, не понял или отвлекся от восприятия излагаемого материала. Особенно важно рисовать на доске схемы приборов, графики диаграммы или использовать презентации, иллюстрируя ими излагаемый материал. Это значительно облегчает восприятие материала.

Автор(ы):

Дмитренко Валерий Васильевич, д.ф.-м.н.,
профессор

Рецензент(ы):

Баско М.М.