

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 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯМИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

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
3	3	108	32	0	0		76	0	3
Итого	3	108	32	0	0	0	76	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина содержит изложение теоретических основ физики и техники систем диагностики пучков заряженных частиц, применяемых в электрофизическом аппаратостроении. Изложение курса ориентировано на изучение различных физических механизмов, используемых в приборах диагностики пучка, конструктивных особенностей данных приборов и их применение на различных установках, использующих пучки заряженных частиц. Освоение данной дисциплины базируется на изучении студентами общих технических дисциплин.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной задачей курса является достижение учебных целей, к которым относятся приобретение студентами теоретических и практических знаний:

- физических основ различных методов, используемых для диагностики ионных пучков ;
- устройства и работы современных систем диагностики ионных пучков ;
- характерные параметры современных ионных источников;

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Профессиональный модуль

### 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 и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения

<p>планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок</p>		<p>производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p>
<b>проектный</b>			
<p>Участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственнотехнологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий; квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и</p>	<p>Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>3-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные</p>

характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров			пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
--	--	--	---

#### 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>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/0/0		25	КИ-8	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Второй раздел	9-15	16/0/0		25	КИ-16	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		32/0/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	3	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

\* – 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>3 Семестр</i>	32	0	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	0	0
1	<b>Обзор основных систем диагностики пучка</b> Основные критерии выбора и построения системы диагностики ионных пучков. Системы диагностики прямого и косвенного действия. Системы диагностики прозрачные и непрозрачные Системы диагностики на основе полевых преобразователей, коллекторных преобразователей, радиационные преобразователи, эмиссионные преобразователи, акустические преобразователи, калориметрические преобразователи, комбинированные преобразователи	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Измерение тока пучка</b> Цилиндр Фарадея. Принцип действия. Глубина торможения первичного пучка в теле Цилиндра Фарадея. Программный пакет STIM/TRIM для определения глубины проникновения пучка в вещество. Вторичная эмиссия электронов. Способы подавления вторичной эмиссии электронов. Влияние собственного заряда пучка. Конструкция ЦФ. Магнитоиндукционный преобразователь. Принцип действия. Классификация схем включения. Режим трансформатора тока. Пассивный трансформантов тока. Измерение коротких импульсов. Измерение постоянного тока. Пределы измеряемого тока.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Измерение профиля и размеров пучка</b> Сцинтилляционные экраны. Особенности конструкции. Свойства сцинтилляторов. Переходное оптическое излучение. Коллекторные профилометры. Принцип действия. Варианты конструкции. Эмиссионные профилометры. Принцип действия. Особенности конструкции. Коэффициент вторичной эмиссии. Ионизационные профилометры. Принцип действия. Особенности конструкции. Работа на	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	вторичных ионах и электронах. Влияние собственного поля пучка.			
4	<b>Измерение положения пучка</b> Электростатические преобразователи. Принцип действия. Особенности конструкции. Разрезные измерители положения пучка. «Пуговочные» измерители положения пучка	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Второй раздел</b>	16	0	0
5	<b>Измерение эмиттанса пучка</b> Фазовое пространство. Определение эмиттанса пучка. Теорема Лиувилля. Классификация методов измерения эмиттанса. Метод диафрагмирования. Принцип действия. Различные конструкции измерителей эмиттанса на основе диафрагмирования. Двухщелевой измеритель. Измеритель с набором ламелей. Метод Pepper-Pot. Измеритель с электромагнитным/электростатическим сканированием	Всего аудиторных часов		
		5	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Измерение энергии и энергетического спектра пучка</b> Магнитные спектрометры. Принцип действия. Дисперсия, разрешение спектрометра и его разрешающая способность. Спектрометр с полукруговой фокусировкой. Спектрометр с секторным полем. Правило Бербера. Краевая фокусировка. Матрица преобразования спектрометра. Времяпролетные измерители Принцип действия. Особенности конструкции.	Всего аудиторных часов		
		5	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Измерители потерь пучка</b> Принцип действия. Области применения. Особенности конструкции. Ионизационные камеры. Сцинтилляторы как измерители потерь пучка. Измерители на основе фиброоптики. Пин-диоды. Алмазные детекторы. Измерители на основе вторичной эмиссии электронов	Всего аудиторных часов		
		6	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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются следующие образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических

## 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-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах

присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.38 М55 Транспортировка пучков заряженных частиц : , Мешков И.Н., Новосибирск: Наука, 1991

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**

1. Рекомендации для проведения практических занятий.

Перед посещением практического занятия уясните его тему и самостоятельно изучите связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвуйте в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач ведите дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

При проведении вычислений придерживайтесь следующего формата:



(Обозначение искомой величины) = (буквенная формула расчёта) = (подстановка численных значений величин, входящих в формулу, с указанием их размерностей) = (результат вычислений с указанием его размерности).

Это поможет вам избежать некоторых ошибок, либо выявить их и исправить.

По возможности самостоятельно доводите решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выясните у преподавателя неясные вопросы (если вы не прояснили их ранее).

## 2. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Получите у преподавателя задание и список рекомендованной литературы в самом начале семестра.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

# 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

## 1. Указания для проведения практических занятий.

Тема практического занятия и его цели должны быть чётко обозначены. В начале практического занятия полезно обсудить основные понятия, связанные с его темой. В ходе решения задач следует вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний на отдельных этапах решения. Рекомендуется отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях, как вслух, так и в книжке преподавателя и передавать эту информацию ответственному по текущей успеваемости. В конце практического занятия предложить аудитории несколько контрольных вопросов.

## 2. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным. При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

Автор(ы):

Кулевой Тимур Вячеславович, к.ф.-м.н.