

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/12-577

от 19.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**УСКОРЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: МОЩНЫЕ
ГЕНЕРАТОРЫ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

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
3	2-3	72- 108	16	32	0	24	0	3 , Э
Итого	2-3	72- 108	16	32	0	0	24	0

АННОТАЦИЯ

Курс посвящен расчету и экспериментальному исследованию различных ускоряющих структур, используемых в современных электронных и ионных ускорителях. В курсе также рассматриваются мощные генераторы сверхвысоких частот используемые в системах питания современных электронных и ионных ускорителей.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучить системы ускоряющие системы используемые для ускорения электронов и ионов и мощные сверхвысокочастотные генераторы используемые в ускорителях заряженных частиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы сведения из высшей математики, общей физики, статистической физики

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 планами и методиками	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в медицине структурной биологии, материаловедении, физики	ПК-3 [1] - Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной	З-ПК-3[1] - Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области ; У-ПК-3[1] - Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в

<p>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</p>		<p>подготовки магистра</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты; В-ПК-3[1] - Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области</p>
---	--	---	--

<p>технических средств исследований и новых разработок</p>			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными 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</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p>	<p>ПК-4.2 [1] - Способен к разработке ускорителей заряженных частиц, предназначенных для научных исследований и решения прикладных задач в области радиационных технологий, включая промышленность, медицину, энергетику, системы безопасности и другие области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-4.2[1] - Знать основные принципы составления плана поиска, сбора и исследования научно-технической информации по разработке ускорителей заряженных частиц; У-ПК-4.2[1] - Уметь проводить поиск и анализ научно-технической информации на поставленные исследовательские задачи в области инновационных разработок заряженных частиц и радиационных технологий; В-ПК-4.2[1] - Владеть методами представления информации в систематизированном виде, оформлять научно-технические отчеты.</p>

<p>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>участие в создании новых объектов техники и технологии (в сфере наукоемких технологий)</p>	<p>инновационный; модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p>	<p>ПК-4.3 [1] - Способен формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования ускорителей заряженных частиц</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>3-ПК-4.3[1] - Знать физические процессы в пучках заряженных частиц и ускорителях; У-ПК-4.3[1] - Уметь разрабатывать бизнес-планы и оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность проектируемых электрофизических установок; В-ПК-4.3[1] - Владеть способностью разрабатывать и оформлять проектную документацию, эффективно взаимодействовать со специалистами смежных профилей</p>
<p>участие в создании новых объектов техники и технологии (в сфере наукоемких технологий)</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, осуществлять технико-</p>	<p>3-ПК-6[1] - Знать основы планирования и организации научных инновационных исследований в профессиональной области; правила и принципы научной этики, методики оценки инновационных</p>

		<p>экономическое обоснование инновационных проектов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>проектов. ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать и развивать инновационный потенциал новых научных и научно-технологических разработок, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов.; В-ПК-6[1] - Владеть навыками планирования организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива и технико-экономической оценки (экспертизы) инновационных проектов</p>
--	--	--	---

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	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2, 3-ПК-

							4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6
2	Второй раздел	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2, 3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э, 3	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4.2, У- ПК-

							4.2, В- ПК- 4.2, 3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4.2, У- ПК- 4.2, В- ПК- 4.2, 3-ПК- 4.3, У- ПК- 4.3, В- ПК- 4.3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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>3 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Первый раздел	8	16	0
1	Тема 1 Электродинамические характеристики ускоряющих структур.	Всего аудиторных часов		
		8	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2 Ускоряющие структуры для электронных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3 Ускоряющие структуры для ионных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4 Методы расчета электродинамических характеристик ускоряющих структур.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5 Расчет элементов и устройств связи в ускоряющих структурах.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6 Современные методы проектирования ускоряющих структур. Численные методы расчета.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7 Основы метрологии электродинамических характеристик ускоряющих структур.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8 Конструирование и производство ускоряющих структур.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	8	16	0
9	Тема 9 Принципы генерации больших мощностей в СВЧ-электронике. Общие вопросы электронных генераторов.	Всего аудиторных часов		
		8	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10	Всего аудиторных часов		

	Триоды и тетроды сверхвысоких частот.	0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11 Принципы генерации в клистронах. Мощные импульсные клистроны.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12 Лампы бегущей обратной волны О и М типов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13 Принципы генерации в магнетронах. Мощные импульсные магнетронные генераторы.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14 Плазменные приборы СВЧ	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 15 Компрессия СВЧ энергии.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Тема 16 Релятивистские генераторы СВЧ.	Всего аудиторных часов		
		0	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1	1 Электродинамические характеристики ускоряющих структур на Е-волне.
2	2 лектродинамические характеристики ускоряющих

	структур на Н-волне.
3	3 Методы настройки электродинамических характеристик ускоряющих резонаторов
4	4 Сверхпроводящие ускоряющие структуры.
5	5 Расчет электродинамических характеристик резонаторов для клистронов.
6	6 Замедляющие системы для ламп бегущей волны.
7	7 Системы высоковольтного питания мощных СВЧ генераторов.
8	8 Системы СВЧ питания ускорителей заряженных частиц.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основное время в курсе отведено для практических занятий. В лекционном курсе используются средства мультимедиа для более наглядного представления изучаемых методов решения.

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-3	З-ПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6	З-ПК-6	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	З, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4.2	З-ПК-4.2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4.2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4.2	З, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4.3	З-ПК-4.3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4.3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4.3	З, Э, 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-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.

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

. Рекомендации по работе с лекционной частью дисциплины.

Перед началом занятий необходимо внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не смущайтесь, если вопросы вам кажутся простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности чаще возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь со стороны преподавателя возможен выборочный контроль ваших знаний).

Желательно использовать в конспектах лекций систему обозначений, к которой прибегает преподаватель.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными и вновь появляющимися литературными источниками.

2. Рекомендации для проведения лабораторных занятий.

Соблюдайте требования техники безопасности, для чего необходимо прослушать разъяснения о правильности поведения в лаборатории, ознакомиться с инструкцией по охране труда и технике безопасности в лаборатории и расписаться в журнале по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы (до проведения занятия) проведите самостоятельно подготовку к работе, изучив основные теоретические положения и методические указания, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, по возможности избегая неправильных действий.

Основные результаты экспериментов, зафиксированные в письменном виде, предъявляются в конце занятия на утверждение преподавателя.

Для защиты отчета по работе подготовьте отчет о проделанной работе в соответствии с указаниями; в отчете должны быть отражены основные результаты и выводы.

3. 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.

Подготовьте письменный отчет о проделанной работе.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Методические материалы для преподавателей, проводящему занятия по дисциплине

1. Чтение лекций.

Первая лекция должна быть введением к дисциплине (разделу дисциплины, читаемому в начинающемся семестре). Она должна содержать общий обзор содержания дисциплины. В ней следует отметить методические инновации в решении задач, рассматриваемых в дисциплине, дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников, обратив внимание студентов на обязательную и дополнительную литературу.

Изложению текущего лекционного материала должна предшествовать вводная часть, содержащая краткий перечень вопросов, рассмотренных на предыдущих лекциях. На этом этапе полезно задать несколько вопросов аудитории, осуществить выборочный контроль знания студентов.

При изложении лекционного материала следует поощрять вопросы непосредственно в процессе изложения, внимательно относясь к вопросам студентов и при необходимости давая дополнительные, более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, опуская простые математические выкладки, либо рекомендуя выполнить их самим студентам, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

В процессе лекционного курса необходимо возможно чаще возвращаться к основным вопросам дисциплины, проводя выборочный экспресс-контроль знаний студентов.

Принятая преподавателем система обозначений должна четко разъясняться в процессе её введения и использоваться в конспектах лекций

В лекциях, предшествующих практическим занятиям, следует кратко излагать содержание и основные задачи практического занятия, дать рекомендации студентам для подготовки к нему.

На последней лекции важно найти время для обзора основных положений, рассмотренных в дисциплине, перечню и формулировке вопросов, выносимых на экзамен или зачёт.

2. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе, проводить его обсуждение.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

3. Лабораторная работа — это форма организации учебного процесса, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя самостоятельно проводят элементарные

исследования на основе специально разработанных заданий. Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность - не менее двух академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы. Дидактические цели лабораторных занятий: - овладение техникой эксперимента; - формирование умений решать практические задачи путем постановки опыта; - экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, экспериментальная проверка формул, расчетов. Формируемые умения и навыки (деятельность студента): - наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения; - самостоятельно вести исследования; - пользоваться различными приемами измерений, оформлять результат в виде таблиц, схем, графиков; - получать профессиональные умения и навыки обращаться с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами при проведении опытов. Содержание лабораторного занятия определяется перечнем умений по конкретной учебной дисциплине (модулю), а также характеристикой профессиональной деятельности выпускников, требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы.

Автор(ы):

Прокопенко Александр Валерьевич, к.т.н., доцент

Лалаян Михаил Владимирович, к.т.н., доцент