

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

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

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./КР/КП
8	4	144	45	0	9		36	0	Э
Итого	4	144	45	0	9	27	36	0	

АННОТАЦИЯ

Теоретическая часть курса включает изучение теплофизических основ СВЧ-энергетики, ее электрофизических основ и анализ физических процессов в двухкомпонентной СВЧ плазме. Использование СВЧ-энергетики для реализации новых энергосберегающих технологий рассматривается при изучении установок непрерывного режима работы, установок импульсного режима и плазменных СВЧ-установок, среди которых главное внимание уделяется эффективным СВЧ-лампам дневного света. Перспективность увеличения доли СВЧ-энергетики в общем, энергопотреблении анализируется при изучении разделов, связанных с передачей СВЧ энергии на большие расстояния и создания мощных генераторов СВЧ диапазона.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения курса студенты получают профессиональную подготовку для работы в научно исследовательских проектно конструкторских и производственных организациях, связанных с СВЧ-энергетикой.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание курса представляет собой развитие полученных ранее знаний в области физики и электротехники. В ней используются основные понятия, концепции, представляющие собой теоретическую базу, освоенную студентами при изучении дисциплин.

Для освоения данной дисциплины необходимы общие сведения из высшей математики: математический анализ, векторная алгебра, интегральное и дифференциальное исчисление, общей физики (колебания и волны, электричество и магнетизм).

Изучение дисциплины позволит студентам ознакомиться со спецификой сверхвысокочастотной аппаратуры и лежащих в основе ее функционирования физических принципов, получить и развивать навыки разработки высокочастотных устройств различного назначения, освоить методы и принципы работы с современным измерительным оборудованием, применяемым для анализа СВЧ волн и предназначенных для работы с ними устройств.

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;	Код и наименование индикатора
--	---------------------------	--	-------------------------------

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	достижения профессиональной компетенции
проектный			
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования приборов и установок; расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; оформление законченных проектно-конструкторских работ	ускорители заряженных частиц, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, радиационные технологии в медицине	ПК-5.2 [1] - Способен проектировать различные системы ускорителей заряженных частиц <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-5.2[1] - знать современные пакеты САПР при проектировании ускорителей заряженных частиц; У-ПК-5.2[1] - уметь проводить проектирование перспективных систем ускорителей заряженных частиц; В-ПК-5.2[1] - владеть способностью разрабатывать и оформлять проектную документацию, эффективно взаимодействовать со специалистами смежных профилей
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования приборов и установок; расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; оформление законченных проектно-конструкторских работ	ускорители заряженных частиц, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, радиационные технологии в медицине	ПК-5 [1] - Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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
научно-исследовательский			
изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок	математические модели для теоретического и экспериментального исследований объектов, установок и систем в области физики ядра, частиц, ядерно-физических установок.	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-З[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-З[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-З[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>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	23/0/5		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
2	Часть 2	9-15	22/0/4		25	КИ-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		45/0/9		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	45	0	9
1-8	Часть 1	23	0	5
1	Физические основы СВЧ-энергетики, ее использование в новых энергосберегающих технологиях.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0

		Онлайн		
		0	0	0
2	Теплофизические основы СВЧ-энергетики, анализ стационарных и нестационарных процессов теплообмена в установках СВЧ-энергетики.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Распространение СВЧ-колебаний в стандартных и сверхпроводящих волноводах. Поглощение энергии в резонаторных рабочих камерах.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
5	Технологические установки СВЧ-энергетики резонаторного типа.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	Установки СВЧ-энергетики волноводного типа.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
7	Особенности импульсной СВЧ-энергетики. Воздействие СВЧ-разряда на диэлектрики при наличии плазменного слоя.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	Импульсная СВЧ-энергетика. Использование искрового СВЧ – пробоя для разрушения диэлектрических покрытий.	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	22	0	4
9	Использование СВЧ энергии для разрушения и измельчения горных пород.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Передача СВЧ-энергии на большие расстояния.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Формирование узконаправленных пучков СВЧ-энергии с помощью зеркальных и линзовых антенн. Проблемы передачи СВЧ-энергии на космические объекты и с космических объектов на Землю.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Генераторы СВЧ-мощности: генераторы М-типа и О – типа.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Мощные релятивистские СВЧ-генераторы с наносекундной длительностью импульсов.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		

		0	0	0
14	Формирование мощных наносекундных импульсов СВЧ-энергии методом временной компрессии. Основы теории виркатора.	Всего аудиторных часов		
		3	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
15	Физические основы генерации видимого света с использованием СВЧ-энергии.	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
16	Конструирование СВЧ-источников видимого света на основе резонаторных рабочих камер.	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1	Исследование комплексной диэлектрической проницаемости жидких веществ.
2	Исследование комплексной диэлектрической проницаемости сыпучих веществ методом "бесконечного слоя".
3	Исследование энергетических характеристик бытовой СВЧ-печи "Электроника" СП-23.
4	Аттестация резонаторной рабочей камеры СВЧ-источника видимого света.
5	Экспериментальная оценка энергетических характеристик нового СВЧ- источника видимого света со спектром, близким к Солнечному.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По направлению подготовки (специальности) предусматривается широкое использование в учебном процессе лекционных, семинарских и лабораторных работ. Лабораторные работы выполняются в специализированной лаборатории, оснащенной приборами и принадлежностями для проведения экспериментов.

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	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	КИ-8, КИ-15
ПК-5.2	З-ПК-5.2	КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5.2	КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5.2	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 – <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 твердо 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.
--	--	--	--

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М87 Мощные электроимпульсные системы Ч. 1 Сильноточные диоды и системы диагностики, , : МИФИ, 2008
2. 621.37 М87 Мощные электроимпульсные системы Ч. 1 Сильноточные диоды и системы диагностики, , : МИФИ, 2008
3. 621.37 М87 Мощные электроимпульсные системы Ч. 2 Формирование и передача импульсной электромагнитной энергии экстремально высокой мощности, , Москва: МИФИ, 2008
4. ЭИ М87 Мощные электроимпульсные системы Ч. 2 Формирование и передача импульсной электромагнитной энергии экстремально высокой мощности, , Москва: МИФИ, 2008
5. ЭИ Л 69 Приближенные методы теплового расчета активных элементов электрофизических установок. : учебное пособие, Логинов В. С., Москва: Физматлит, 2009

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

Методические рекомендации для студентов

1. 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 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).

3. 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 отчёте должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. 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.

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

11. 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 чётко 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