

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Линник Оксана Владимировна  
Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 12.10.2020 14:40:30  
Уникальный программный ключ:  
d85fa2f259a0913da9b08799985891736430181f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Снежинский физико-технический институт -  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СФТИ НИЯУ МИФИ)»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной  
и научно-методической работе

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

\_\_\_\_\_ П.О.Румянцев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физические установки

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» \_\_\_\_\_

Профиль подготовки \_\_\_\_\_ «Физика атомного ядра и частиц» \_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения учебной дисциплины “Физические установки” являются: ознакомление с основами физики и техники импульсных физустановок (ФУ): сильноточных импульсных ускорителей заряженных частиц, генераторов нейтронных пучков, безжелезных линейных индукционных ускорителей и бетатронов, генераторов электромагнитных импульсов; ознакомление с основами физики сильноточных пучков заряженных частиц, методами измерения параметров физических установок и параметров сильноточных пучков заряженных частиц.

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

Дисциплина “Физические установки” относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП ВО 14.03.02 “Ядерные физика и технологии” и является частью общеинженерного модуля. Курс “Физические установки” посвящен одному из разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков. Дисциплина “Физические установки” изучается на четвертом курсе в седьмом семестре обучения.

Дисциплина предполагает предварительное освоение и использование, полученных знаний, в следующих дисциплинах учебного плана: Физика (Б1.О.24); Электротехника и электроника (Б1.О.11); Физика плазмы (Б1.В.14)

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

В результате изучения дисциплины обучающимися должны быть освоены следующие компетенции:

ПК-6 – Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования.

ПК-7 – Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств.

ПК-19.1 – Готов разрабатывать способы применения ядерно-энергетических установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*Знать:*

- Основы физики и техники импульсных ФУ;
- Основы физики сильноточных пучков заряженных частиц;
- Методы регистрации параметров ФУ и параметров сильноточных пучков заряженных частиц.

*Уметь:*

- Применять накопленные знания, полученные в процессе обучения, в профессиональной деятельности;
- Проводить расчёты параметров узлов ФУ и выходных характеристик установок.

*Владеть:*

- Инженерными методами расчета параметров ФУ;
- Навыками использования средств измерений параметров ФУ и параметров сильноточных пучков заряженных частиц, навыками применения ФУ;
- Навыками применения ФУ.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем- кость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СР, час.	Форма контроля, экс./зачет
7	2	72	36	-	-	36	зачет

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 ЗЕТ, 72 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раз- дел*
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
<b>7 семестр</b>								
1	Введение в физику и технику мощных импульсных ФУ Физические схемы построения мощных импульсных ФУ	1	2			2, конспект лекции	2, контрольные вопросы	3
2	Накопители энергии	2	2			3, конспект лекции	3, контрольные вопросы	3

3	Накопители энергии (продолжение)	3	2			4, конспект лекции	4, контрольные вопросы	2
4	Накопители энергии (окончание)	4	2			5, конспект лекции	5, контрольные вопросы	2
5	Прерыватели тока	5	2			6, конспект лекции	6, контрольные вопросы	3
6	Прерыватели тока (продолжение)	6	2			7, конспект лекции	7, контрольные вопросы	3
7	Прерыватели тока (окончание)	7	2			8, конспект лекции	8, контрольные вопросы	3
8	Вакуумные передающие линии с магнитной изоляцией	8	2			9, конспект лекции	9, контрольные вопросы	3
9	Вакуумные передающие линии с магнитной изоляцией (окончание)	9	2			10, конспект лекции	10, контрольные вопросы	3
10	Генерация интенсивных электронных пучков в сильноточных диодах	10	2			11, конспект лекции	11, контрольные вопросы	3
11	Генерация мощных ионных пучков в сильноточных диодах	11	2			12, конспект лекции	12, контрольные вопросы	3
12	Сильноточные импульсные ускорители электронов	12	2			13, конспект лекции	13, контрольные вопросы	3
13	Сильноточные импульсные ускорители электронов (окончание)	13	2			14, конспект лекции	14, контрольные вопросы	3
14	Индукционные ускорители электронов	14	2			15, конспект лекции	15, контрольные вопросы	3
15	Диагностика сильноточных пучков заряженных частиц	15	2			16, конспект лекции	16, контрольные вопросы	2
16	Генераторы нейтронных пучков на основе диодных систем и нейтронных трубок	16	2			17, конспект лекции	17, контрольные вопросы	2
17	Генераторы нейтронных пучков на основе плазменного фокуса	17	2			18, конспект лекции	18, контрольные вопросы	3
18	Генераторы электромагнитных	18	2			18, конспект	18, контрольные	3

	импульсов					лекции	вопросы	
Всего:		36						50
	Зачет							50
	Итого за 7 семестр:							100

### Раскрытие лекционных тем

Тема 1. Введение в физику и технику импульсных ФУ.

Понятие физическая установка. Классификация физических установок. История развития мощных импульсных установок.

Тема 2. Физические схемы построения мощных импульсных установок.

Схема на основе емкостного накопителя энергии и замыкающего ключа. Схема на основе индуктивно-емкостного накопителя энергии и размыкающего ключа. Достоинства и недостатки двух типов схем.

Тема 3. Накопители энергии.

Генераторы импульсных напряжений: схема Аркадьева-Маркса, схема Фитча. Генераторы импульсных токов. Элементы генераторов: конденсаторы, разрядники, сопротивления. Трансформаторная схема умножения напряжения. Формирующие линии. Индуктивный накопитель энергии с прерывателем тока.

Тема 4. Прерыватели тока.

Электровзрывной прерыватель тока. Физические основы электрического взрыва проводников. Критерии подобия. Магнитогидродинамический расчет схем с электрически взрывающимися проводниками (ЭВП).

Плазменные прерыватели тока. Модель плазменного прерывателя. Источники плазмы.

Полупроводниковые прерыватели тока. Дрейфовый диод с резким восстановлением. SOS-диод. Физические основы обрыва тока в полупроводниковых прерывателях. Схемы построения импульсных установок на полупроводниковых прерывателях тока.

Тема 5. Вакуумные передающие линии с магнитной изоляцией.

Физические основы магнитной изоляции. Теоретические модели магнитной изоляции. Цилиндрические и конические линии. Транспортировка энергии в линиях. Применение линий с магнитной изоляцией.

Тема 6. Генерация интенсивных электронных пучков в сильноточных диодах.

Типы электронной эмиссии. Плоский диод в режиме Богуславского-Ленгмюра-Чайлда. Модель парapotенциального потока. Катодная и анодная плазмы и ее роль в диоде. Биполярный поток в сильноточных диодах. Формирование электронных пучков в сильноточных диодах.

Тема 7. Генерация мощных ионных пучков в сильноточных диодах.

Физические основы генерации мощных ионных пучков в диодах. Отражательные системы. Магнитно-изолированный диод. Диоды с пинчеванием потока электронов.

Тема 8. Сильноточные импульсные ускорители электронов.

Сильноточные импульсные ускорители электронов России и США. Применение сильноточных импульсных ускорителей электронов: генерация гамма-излучения; рентгенография; генерация СВЧ-излучения.

Тема 9. Индукционные ускорители электронов.

Безжелезные линейные индукционные ускорители. Физические основы работы и схема построения. Безжелезные бетатроны. Физические основы работы и схема построения. Область применения безжелезных индукционных ускорителей.

Тема 10. Диагностика сильноточных электронных пучков.

Измерение высоковольтных импульсов напряжения. Датчики измерения тока и локальной плотности тока. Методы измерения энергетических характеристик электронов. Диагностика углового распределения и профиля электронных пучков.

Тема 11. Диагностика мощных ионных пучков.

Электрофизические методы диагностики. Ядерно-физические методы диагностики.

Тема 12. Генераторы нейтронных импульсов.

Генераторы на основе плазменного фокуса. Физические основы разряда в плазменном фокусе. Типы камер плазменного фокуса. Генерация нейтронных пучков и гамма-излучения в установках с плазменным фокусом.

Генераторы на основе диодных систем. Типы диодных систем, обеспечивающих генерацию нейтронных пучков. Физические основы генерации нейтронных пучков в диодных системах.

Генераторы на основе нейтронных трубок. Физические основы генерации нейтронных пучков в нейтронных трубках.

Применение импульсных нейтронных генераторов.

Тема 13. Генераторы электромагнитных импульсов.

Генераторы электромагнитных импульсов (ЭМИ). Генераторы ЭМИ на основе антенно-фидерных систем и на основе фотокатодов. Применение генераторов ЭМИ.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

5.1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВПО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

5.2. Один раз в три недели преподавателем проводится текущая консультация. Вопросы можно задавать лично преподавателю в назначенное время.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа студентов составляет 50% от общего объема занятий, предусмотренных рабочим учебным планом направления подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» – 36 часов.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце лекции и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством проверки наличия конспекта лекции.

Зачет проводится в традиционной форме – по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса.

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

а) основная литература:

7.1. Импульсные ускорители электронов с индуктивным накопителем энергии/ Под ред. Ковалева В.П. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2012.

7.2 Месяц Г.А.. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004.

7.3. Быстрицкий В.М., Диденко А.М. Мощные ионные пучки. – М., Энергоиздат, 1984. 152 с.

7.4. Физика и техника импульсных источников ионизирующих излучений для исследования быстропротекающих процессов/ Сборник научных трудов под ред. Макеева Н.Г. – Саров: ВНИИЭФ, 1996.

б) дополнительная литература:

7.5. Абрамян Е.А., Альтеркоп Б.А., Кулешов Г.Д. Интенсивные электронные пучки. Физика. Техника. Применение. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

7.6. Рудаков Л.И., Бабыкин М.В., Гордеев А.В. и др. Генерация и фокусировка сильноточных релятивистских электронных пучков/ Под ред. Рудакова Л.И. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

7.7. Миллер Р. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц. Пер. с англ. – М.: “Мир”, 1984.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Специальное программное обеспечение не требуется.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебная аудитория для проведения лекций, укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- персональный компьютер;
- проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 31.05.2018 г., протокол №18/03.

Автор: Протас Р.В., к.т.н., преподаватель кафедры

Рецензент \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерная физика и спецтехнологии»

г. \_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_