

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.05.2024 11:42:25

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673076ef1a989aae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

#### 03.03.02 ФИЗИКА

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

#### ФИЗИКА

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2024 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физические методы исследований» входит в программу бакалавриата «Физика» по направлению 03.03.02 «Физика» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Научно-образовательный институт физических исследований и технологий. Дисциплина состоит из 6 разделов и 15 тем и направлена на изучение специального курса физики.

Целью освоения дисциплины является овладение фундаментальными основами методов исследования плазмы в широком диапазоне параметров, встречающимся в современных технологических и исследовательских установках; особенностями устройства и способами реализации физических диагностик в экспериментальных установках; знаниями характерного вида данных и сигналов, получаемых с помощью диагностик, а также особенностью их анализа для получения основных параметров плазмы. После освоения дисциплины студенты должны быть способны самостоятельно выбирать метод и конкретную реализацию диагностики на этапе проектирования, исходя из поставленных задач и параметров установки, а также проводить поиск новых диагностик плазмы, создаваемых различными международными научными коллективами, и их критический анализ.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Физические методы исследований» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	ОПК-2.1 Осуществляет выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатирует современную физическую аппаратуру и оборудование; ОПК-2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования; ОПК-2.3 Владеет практическими навыками представления результатов научных исследований в устной и письменной форме;
ПК-1	Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ПК-1.1 Проводит маркетинговые исследования научно-технической информации, сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; ПК-1.2 Готовит предложения для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов;
ПК-2	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с	ПК-2.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования; ПК-2.2 Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	учетом отечественного и зарубежного опыта	

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физические методы исследований» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Физические методы исследований».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	Вычислительная физика; Численные методы и математическое моделирование; Радиофизика; Введение в радиоэлектронику; Радиоэлектроника; Физический практикум по механике; Физический практикум по молекулярной физике; Физический практикум по электричеству и магнетизму; Физический практикум по оптике; Физический практикум по атомной физике; Физический практикум по физике атомного ядра и элементарных частиц; Учебная практика;	Преддипломная практика;
ПК-1	Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Учебная практика;	Преддипломная практика;
ПК-2	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом	Теория колебаний и волн; Радиофизика; The Basics of Plasma Physics; Введение в радиоэлектронику; Радиоэлектроника; Учебная практика;	Преддипломная практика;

<b>Шифр</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины/модули, практики*</b>	<b>Последующие дисциплины/модули, практики*</b>
	отечественного и зарубежного опыта		

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические методы исследований» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	36		36
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	0		0
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Определение и основные свойства плазмы. Способы создания плазмы.	1.1	Определение плазмы. Основные параметры плазмы. Дебаевская длина. Число частиц в дебаевской сфере. Двойной слой. Плазменная частота. Виды плазмы. Низкотемпературная и высокотемпературная плазмы. Соотношение параметров в различных видах плазмы.	ЛК
		1.2	Процессы столкновений в плазме. Эффективное сечение. Частота столкновений. Длина свободного пробега. Упругие столкновения. Эффект Рамзауэра. Транспортное сечение. Столкновения электронов с тяжелыми частицами. Кулоновское рассеяние. Ион-нейтральные столкновения. Резонансная перезарядка.	ЛК
		1.3	Процессы рождения и гибели заряженных частиц в плазме. Ионизация электронным ударом. Ионизация возбужденных атомов. Диссоциация молекул. Ионизация ионов. Способы создания плазмы. Виды газовых разрядов. Самостоятельный и несамостоятельный разряд. Кривые Пашена. Тлеющий разряд. Пеннинг разряд. Магнетронный разряд. Дуговой разряд. Искровой разряд. Коронный разряд. Газоразрядные источники плазмы. Индукционный ВЧ разряд. Емкостной ВЧ разряд. СВЧ разряд. ЭЦР разряд. Диэлектрический барьерный разряд. Способы создания и удержания высокотемпературной плазмы.	ЛК, СЗ
Раздел 2	Зондовая диагностика плазмы.	2.1	Понятие зондовых измерений. Ленгмюровские зонды. Измеряемые параметры плазмы. Одиночный зонд. Вольт-амперная характеристика одиночного зонда. Плавающий потенциал. Ионный и электронный токи насыщения. Теория Ленгмюра и токи на зонд. Применимость теории Ленгмюра. Определение температуры электронов по ВАХ одиночного зонда. Определение плотности и функции распределения электронов по энергиям. Определение напряженности электрического поля в плазме. Влияние магнитного поля на измерения. Двойной зонд. Вольт-амперная характеристика двойного зонда. Определение температуры электронов, плотности и электрического поля во ВАХ двойного зонда. Термозонд. Сеточный зонд. Зонд с охранном кольцом. Определение потенциала плазмы по изменению интенсивности плазменных шумов. Конструкции зондов и материалы. Примеры использования зондов Ленгмюра в экспериментальных установках и результаты измерений.	ЛК, СЗ
		2.2	Магнитные зонды. Параметры плазмы, измеряемые магнитным зондом. Принцип работы. Согласование с электрической цепью.	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			Электростатический экран. Дифференциальный зонд. Интеграторы. Калибровка магнитных зондов. Конструкция и способы введения в плазму. Взаимодействие зонда с плазмой. Датчики Холла. Измерение токов в плазме с помощью магнитных петель. Пояс роговского. Примеры использования магнитных зондов и магнитных петель в экспериментальных установках и результаты измерений.	
Раздел 3	Микроволновые методы исследований.	3.1	Распространение электромагнитных волн в плазме. Влияние магнитного поля на распространение волн. Отсечки и резонансы. Фарадеево вращение. Условие слабого воздействия СВЧ поля на параметры плазмы. Резонаторная диагностика плазмы. Основные виды резонаторов и типы волн. Использование резонаторного метода в отсутствие постоянного магнитного поля и с полем. Конструктивные особенности и примеры реализации резонаторного метода. Распространение волн вдоль волновода заполненного плазмой. Поперечное зондирование плазмы. Связь комплексных коэффициентов передачи отражения с проводимостью плазмы. Примеры реализации волноводного метода.	ЛК
		3.2	Методы исследований, основанные на распространении СВЧ пучков в плазме. Интерферометрия. Связь плотности с набегом фаз. Многохордовые измерения. Преобразование Абеля. Примеры реализации микроволновой интерферометрии. Рефлектометрия. Определение критической плотности и распределения плотности. Примеры реализации рефлектометрии. Использование Фарадеева вращения в микроволновых диагностиках плазмы. Примеры реализации диагностик. Тепловое излучение плазмы в СВЧ диапазоне. Электронно-циклотронное излучение плазмы и примеры реализации диагностик.	ЛК, СЗ
		3.3	Измерение флуктуаций плазменных параметров. Рассеяние электромагнитных волн на свободных электронах. Коллективное рассеяние. Параметр Сальпитера. Прямое, гомодинное и гетеродинное детектирование. Примеры реализации микроволновых диагностик рассеяния на низкочастотных флуктуациях плотности и экспериментальные результаты. Коллективное томсоновское рассеяние, примеры реализации диагностики и результатов. Измерение микроволнового излучения выходящего из плазмы. Сниффер-зонд. Пироэлектрический детектор. Болومتر. Калориметрия. Измерение флуктуаций магнитного поля. Кросс-поляризационное рассеяние.	ЛК, СЗ
Раздел 4	Лазерные методы исследований.	4.1	Преимущества диагностик на основе лазерных источников. Изменение фазы волны при прохождении плазмы с различной степенью ионизации. Шлирен метод, метод теневой фотографии, примеры реализации и результаты.	ЛК

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			Двухлучевая интерферометрия. Интерферометр Маха-Рождественского, интерферометр Майкельсона. Трехзеркальный интерферометр. Поляриметр-интерферометр. Гомодинное и гетеродинное преобразование частоты. Примеры реализаций и результаты.	
		4.2	Лазерные диагностики рассеяния. Томсоновское сечение рассеяния. Диагностика томсоновского рассеяния. Калибровка. Примеры реализации. Коллективное рассеяние лазерного излучения на низкочастотных флуктуациях плотности. Рассеяния под малыми углами. Метод фазового контраста. Примеры реализации диагностик и результаты.	ЛК, СЗ
Раздел 5	Спектроскопия плазмы.	5.1	Линейчатый и непрерывный спектры излучения плазмы. Оптическая толщина плазмы. Модель локального термодинамического равновесия. Корональная модель. Столкновительно-излучательная модель.	ЛК
		5.2	Перенос излучения в плазме. Реабсорбция излучения. Точность спектроскопических измерений. Излучение плазмы в различных спектральных диапазонах. Определение температуры и плотности по абсолютной, относительной интенсивности линий и континууму. Использование молекулярных полос в диагностике.	ЛК
		5.3	Ширина спектральных линий. Эффект Зеемана. Естественная ширина спектральных линий. Доплер эффект. Эффект Штарка. Ударная теория. Квазистатическая теория. Аппаратный контур. Функция Фойгта. Устройство монохроматоров и спектрометров. Примеры использования спектрометрических измерений для определения температуры и плотности плазмы.	ЛК, СЗ
Раздел 6	Корпускулярные диагностики.	6.1	Пассивные и активные корпускулярные диагностики. Прямой анализ частиц, вылетающих из плазмы. Анализаторы и детекторы. Возможные конфигурации полей в анализаторе. Магнитные, электростатические, квадрупольный анализаторы. Анализатор с задерживающей сеткой. Детекторы частиц низкой энергии. Цилиндр Фарадея. Электронные умножители.	ЛК
		6.2	Детекторы частиц большой энергии. Сцинтилляционные датчики. Кристаллические детекторы. Регистрация нейтральных частиц. Калориметрия. Анализ вторичных процессов. Перезарядка быстрых ионов. Регистрация нейтронов. Зондирования плазмы пучками нейтральных и заряженных частиц. Перезарядочная рекомбинационная спектроскопия. Инжекция пеллет в плазму. Зондирование пучком тяжелых ионов. Примеры реализации диагностик и результаты.	ЛК, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. «Основы физики плазмы». СПб.: «Лань». 2011. 448 с.
2. С.В. Дресвин, Д.В. Иванов. «Физика плазмы». СПб.: «Издательство Политехнического университета». 2013. 542 с.
3. В.Н. Очкин. «Спектроскопия низкотемпературной плазмы». М.: «ФИЗМАТЛИТ». 2010. 592 с.
4. А.А. Кудрявцев, А.С. Смирнов, Л.Д. Цендин. «Физика тлеющего разряда». СПб.: «Лань». 2022. 512 с.
5. А.Н. Магунов. «Спектральная пирометрия». М.: «ФИЗМАТЛИТ». 2012. 248 с.
6. В.П. Савинов. «Физика высокочастотного емкостного разряда: монография». М.: «ФИЗМАТЛИТ». 2013. 308 с.

### Дополнительная литература:

1. В.А. Рожанский. «Теория плазмы». СПб.: «Лань». 2022. 320 с.
2. И.А. Котельников. «Лекции по физике плазмы». Том 1 «Основы физики плазмы». СПб.: «Лань». 2022. 400 с.
3. В.Я. Фролов, А.А. Лисенков, В.Т. Барченко. «Физические основы применения низкотемпературной плазмы». СПб.: «Издательство Политехнического университета». 2010. 220 с.
4. Е.В. Берлин, В.Ю. Григорьев, Л.А. Сейдман. «Индуктивные источники

высокоплотной плазмы и их технологические применения». М.: «ТЕХНОСФЕРА». 2018. 464 с.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Физические методы исследований».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Физические методы исследований» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент ИФИТ

*Должность, БУП*

*Подпись*

Борзосеков Валентин

Дмитриевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

И.О.директора ИФИТ

*Должность БУП*

*Подпись*

Кравченко Николай

Юрьевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*

*Подпись*

Лоза Олег Тимофеевич

*Фамилия И.О.*