

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Перекрестный опрос	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.
Лукашевский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.
Лукашевский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение базовой информации об основных методах диагностики высоко- и низкотемпературной плазмы и практических навыков их использования

Задачи дисциплины

- получение информации о физических явлениях, используемых в основных методах диагностики плазмы;
- изучение условий и методик реализации основных методов диагностики плазмы.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять расчетно-теоретические методы и экспериментальные навыки исследования процессов, используемых в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках	ИД-З _{ПК-2} Знает основные методы диагностики высоко- и низкотемпературной плазмы	знать: - основные методы измерения макроскопических параметров плазмы, зондовых измерений в плазме, характеристики методов; - возможности и особенности лазерных методов диагностики плазмы; - основы техники спектроскопии в оптическом диапазоне; - особенности микроволнового диапазона излучения, принцип действия основных ВЧ-приборов, применение микроволнового диапазона в диагностике плазмы. уметь: - применять методы диагностики плазмы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Спектроскопия плазмы	40	1	7	7	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Спектроскопия плазмы"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Спектроскопия плазмы" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Спектроскопия плазмы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектроскопия плазмы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 197 – 201, стр. 219 – 221, стр. 246 – 259 [2], стр. 11 – 33, стр. 44 – 60, стр. 154 – 163 [8], стр. 50-63</p>
1.1	Спектроскопия плазмы	40		7	7	6	-	-	-	-	-	20	-	

2	Лазерные методы измерения параметров плазмы	33	7	4	2	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы"
2.1	Лазерные методы измерения параметров плазмы	33	7	4	2	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 358 – 366, стр. 372 – 377 [5], стр. 37 – 65
3	Макроскопические измерения в плазме	20	6	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Макроскопические измерения в плазме"
3.1	Макроскопические измерения в плазме	20	6	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Макроскопические измерения в плазме" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 14 – 57
4	Зондовые измерения	23	4	5	2	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Зондовые измерения"
4.1	Зондовые измерения	23	4	5	2	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Зондовые измерения" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и

													подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Зондовые измерения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 60 – 91, стр. 94 – 154 [4], стр. 16-31	
5	Микроволновая диагностика плазмы	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Микроволновая диагностика плазмы"
5.1	Микроволновая диагностика плазмы	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Микроволновая диагностика плазмы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 397 – 435 [3], стр. 73-95 [6], стр. 49-54, стр. 100-117, стр. 235-280 [7], стр. 149-180, стр. 204-207
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	80	-	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	16	16		2		-	0.5		113.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Спектроскопия плазмы

1.1. Спектроскопия плазмы

Спектральные приборы – монохроматоры, спектрографы, интерферометры, интерференционные светофильтры. Приборы высокой разрешающей силы. Оптические переходы в атомах и молекулах. Интенсивности спектральных линий. Ширина контуров спектральных линий. Механизмы уширения линий. Определение электронной температуры по интенсивности спектральных линий. Метод относительных интенсивностей. Определение концентрации по поглощению резонансного излучения. Техника регистрации излучения в ультрафиолетовом диапазоне..

2. Лазерные методы измерения параметров плазмы

2.1. Лазерные методы измерения параметров плазмы

Основные характеристики лазеров. Взаимодействие лазерного излучения с плазмой. Оптическая интерферометрия с применением лазеров. Голография плазмы. Диагностика плазмы с применением эффектов рассеяния излучения. Оптические схемы лазерных установок. Измерение параметров плазмы, находящейся в магнитном поле, Фарадеевское вращение плоскости поляризации излучения..

3. Макроскопические измерения в плазме

3.1. Макроскопические измерения в плазме

Измерение токов в плазме. Пояс Роговского. Ленточные и коаксиальные шунты. Измерение напряжений. Измерение электропроводности плазмы. Измерение давления и импульса плазмы..

4. Зондовые измерения

4.1. Зондовые измерения

Магнитные и электрические зонды. Элементы зондовых систем и их параметры. Методы получения энергетического распределения электронов из зондовых измерений. Факторы, вносящие искажение в вольт-амперную характеристику зонда. Чувствительность и частотная характеристика зондов. Плавающие зонды.

5. Микроволновая диагностика плазмы

5.1. Микроволновая диагностика плазмы

Методы микроволновой пассивной и активной диагностики плазмы. Распространение волн в плазме. Измерение концентрации электронов методом отсечки. Зондирование плазмы несколькими частотами. Микроволновые интерферометры. Микроволновое излучение плазмы. Приемники микроволнового излучения.

3.3. Темы практических занятий

1. Генераторы в СВЧ-диапазоне, устройство и принцип действия СВЧ-интерферометров;
2. Выбор передающей линии для излучения микроволнового диапазона;
3. Оценка параметров плазмы по результатам зондовых измерений;
4. Измерение полного тока плазмы по ее магнитному полю;
5. Лазерная интерферометрия. Голография плазмы;

6. Оптические методы диагностики плазмы;
7. Расчет параметров спектральных приборов.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение концентраций растворов методом оптической поляриметрии;
2. Определение параметров плазмы тлеющего разряда с помощью электрического зонда;
3. Изучение спектрального состава излучения при помощи призмного спектрографа;
4. Изучение спектрального состава излучения при помощи спектрографа, работающего по схеме Эберта.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Спектроскопия плазмы"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Лазерные методы измерения параметров плазмы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Макроскопические измерения в плазме"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Зондовые измерения"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Микроволновая диагностика плазмы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Спектроскопия плазмы"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
особенности микроволнового диапазона излучения, принцип действия основных ВЧ-приборов, применение микроволнового диапазона в диагностике плазмы	ИД-3ПК-2					+	Контрольная работа/Техника СВЧ. СВЧ диагностика плазмы
основы техники спектроскопии в оптическом диапазоне	ИД-3ПК-2	+					Контрольная работа/Оптическая спектроскопия
возможности и особенности лазерных методов диагностики плазмы	ИД-3ПК-2		+				Контрольная работа/Спектроскопия плазмы. Лазерные методы диагностики плазмы
основные методы измерения макроскопических параметров плазмы, зондовых измерений в плазме, характеристики методов	ИД-3ПК-2			+	+		Контрольная работа/Макроскопические измерения в плазме, зондовые измерения в плазме
Уметь:							
применять методы диагностики плазмы	ИД-3ПК-2	+	+		+		Перекрестный опрос/Защита лабораторных работ

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Макроскопические измерения в плазме, зондовые измерения в плазме (Контрольная работа)
2. Оптическая спектроскопия (Контрольная работа)
3. Спектроскопия плазмы. Лазерные методы диагностики плазмы (Контрольная работа)
4. Техника СВЧ. СВЧ диагностика плазмы (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Диагностика плазмы = Plasma diagnostic techniques : пер. с англ. / ред. Р. Хаддлстоун, С. Леонард . – М. : Мир, 1967 . – 515 с.;
2. Зайдель, А. Н. Техника и практика спектроскопии / А. Н. Зайдель, Г. В. Островская, Ю. И. Островский . – М. : Наука, 1976 . – 392 с.;
3. А. В. Велигоша- "Приборы СВЧ и оптического диапазон", Издательство: "Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ)", Ставрополь, 2014 - (203 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457773>;
4. Герасимов, Д. Н. Спектральные и зондовые методы исследования низкотемпературных плазм. Лабораторный практикум : методическое пособие по курсу "Физика плазмы" по специальности "Теплофизика" / Д. Н. Герасимов, В. В. Глазков ; Ред. О. А. Синкевич ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 32 с.;
5. Малахов, Ю. И. Диагностика плазмы. Оптические методы : учебное пособие по курсам "Диагностика плазмы", "Радиоэлектронные измерения" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / Ю. И. Малахов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 68 с. - ISBN 978-5-7046-1405-0 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5637>;
6. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ. Т.1. Техника сверхвысоких частот : Учебник для вузов по специальности "Электронные приборы" / И. В. Лебедев ; Ред. Н. Д. Девятков . – 2-е изд., перераб. и доп. . – М. : Высшая школа, 1970 . – 440 с.;

7. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ. Т.2. Электровакuumные приборы СВЧ : Учебник для вузов по специальности "Электронные приборы" / И. В. Лебедев ; Ред. Н. Д. Девятков . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1972 . – 376 с.;
8. Нгуен-Куок Ши. Физика низкотемпературной плазмы. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсам "Математическое моделирование источников низкотемпературной плазмы", "Приборы и техника эксперимента", "Излучательные свойства и спектроскопия низкотемпературной плазмы" / Нгуен-Куок Ши, С. Д. Федорович, В. Ф. Чиннов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 64 с. - ISBN 978-5-7046-1539-2 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=7662>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-113, Учебно-научная лаборатория «Оптико-физических измерений»	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование учебное, техническая аппаратура, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения лабораторных	А-113, Учебно-научная лаборатория «Оптико-физических	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование учебное,

занятий	измерений»	техническая аппаратура, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-113, Учебно-научная лаборатория «Оптико-физических измерений»	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование учебное, техническая аппаратура, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Методы диагностики плазмы**

(название дисциплины)

1 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Оптическая спектроскопия (Контрольная работа)
 КМ-2 Спектроскопия плазмы. Лазерные методы диагностики плазмы (Контрольная работа)
 КМ-3 Макроскопические измерения в плазме, зондовые измерения в плазме (Контрольная работа)
 КМ-4 Техника СВЧ. СВЧ диагностика плазмы (Контрольная работа)
 КМ-5 Защита лабораторных работ (Перекрестный опрос)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Спектроскопия плазмы						
1.1	Спектроскопия плазмы		+				+
2	Лазерные методы измерения параметров плазмы						
2.1	Лазерные методы измерения параметров плазмы			+			+
3	Макроскопические измерения в плазме						
3.1	Макроскопические измерения в плазме				+		
4	Зондовые измерения						
4.1	Зондовые измерения				+		+
5	Микроволновая диагностика плазмы						
5.1	Микроволновая диагностика плазмы					+	
Вес КМ, %:			18	17	18	17	30