

**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**

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

**Москва 2026**

**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-3 <sub>ПК-2</sub> Знает основные методы диагностики высоко- и низкотемпературной плазмы	знать: - особенности микроволнового диапазона излучения, принцип действия основных ВЧ-приборов, применение микроволнового диапазона в диагностике плазмы; - возможности и особенности лазерных методов диагностики плазмы; - основные методы измерения макроскопических параметров плазмы, зондовых измерений в плазме, характеристики методов; - основы техники спектроскопии в оптическом диапазоне.  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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Спектроскопия плазмы"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Спектроскопия плазмы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Спектроскопия плазмы"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы"
2.1	Лазерные методы измерения параметров плазмы	33	7	4	2	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Лазерные методы измерения параметров плазмы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 358 – 366, стр. 372 – 377 [5], стр. 37 – 65
3	Макроскопические измерения в плазме	20	6	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Макроскопические измерения в плазме"
3.1	Макроскопические измерения в плазме	20	6	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Макроскопические измерения в плазме" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 14 – 57
4	Зондовые измерения	23	4	5	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Зондовые измерения"
4.1	Зондовые измерения	23	4	5	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и

													подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Зондовые измерения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 60 – 91, стр. 94 – 154 [4], стр. 16-31	
5	Микроволновая диагностика плазмы	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Микроволновая диагностика плазмы"
5.1	Микроволновая диагностика плазмы	28	8	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Микроволновая диагностика плазмы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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. Расчет параметров спектральных приборов;
2. Оптические методы диагностики плазмы;
3. Лазерная интерферометрия. Голография плазмы;
4. Измерение полного тока плазмы по ее магнитному полю;
5. Оценка параметров плазмы по результатам зондовых измерений;
6. Выбор передающей линии для излучения микроволнового диапазона;

7. Генераторы в СВЧ-диапазоне, устройство и принцип действия СВЧ-интерферометров.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

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

### **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	
<b>Знать:</b>							
основы техники спектроскопии в оптическом диапазоне	ИД-3ПК-2	+					Контрольная работа/Оптическая спектроскопия
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
возможности и особенности лазерных методов диагностики плазмы	ИД-3ПК-2		+				Контрольная работа/Спектроскопия плазмы. Лазерные методы диагностики плазмы
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
<b>Уметь:</b>							
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. Электровакуумные 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](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