

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФИЗИКА ПРИЭЛЕКТРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 16.04.02 Высокотехнологические плазменные и  
энергетические установки

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, экс./зач./КР/КП
2	3	108	7	38	0		27	0	Э
Итого	3	108	7	38	0	0	27	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются явления в плазме на границе с электродом, функции распределения частиц и электрические поля в приэлектродном пространстве в зависимости от состояния плазмы и поверхности электрода. Рассматривается приэлектродный слой плазмы в случаях термодинамического равновесия, малых и больших отклонений от него. Обсуждается пространственно-энергетическая релаксация возмущений функции распределения электронов и ионов вблизи границы плазмы с электродом, источник ионизации - рекомбинации в приэлектродной области.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомить студентов с необходимым объемом знаний в области физики приэлектродной плазмы применительно к задачам управляемого термоядерного синтеза, прямого преобразования тепловой энергии в электрическую и физики газоразрядных лазеров.

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

Для успешного освоения курса «Физика приэлектродных явлений» необходимо обладать знаниями по следующим дисциплинам: курс общей физики, включающий основы термодинамики, оптику, электричество и магнетизм и др.; статистическая физика; математический анализ; дифференциальные уравнения; теория вероятности и математической статистики; квантовая механика; уравнения математической физики, физика низкотемпературной плазмы.

Курс "Физика приэлектродных явлений" необходим для выполнения научно-исследовательских работ студентам, специализирующимся в области взаимодействия плазмы с поверхностью.

### 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; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Применение методов	Методы создания и	ПК-2.2 [1] - Способен	З-ПК-2.2[1] - Знать

<p>создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках</p>	<p>диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках</p>	<p>применять методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>основные методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках;</p> <p>У-ПК-2.2[1] - Уметь применять на практике методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках;</p> <p>В-ПК-2.2[1] - Владеть навыком применения методов создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках</p>
<p>Анализ научно-технической информации, постановка научной проблемы, обработка и обобщение полученных результатов</p>	<p>Научно-техническая информация по тематике исследований, результаты исследования</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен анализировать научно-техническую информацию, научные проблемы, результаты, перспективы по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>3-ПК-3[1] - Знать специфику и современное состояние развития исследований и разработок; методы поиска, анализа научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения ;</p> <p>У-ПК-3[1] - Уметь: проводить поиск, анализ научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых</p>

			исследований и разработок; обобщать и критически анализировать полученную информацию; проводить критический анализ своих результатов и результатов других исследователей; В-ПК-3[1] - владеть навыками поиска и анализа научно-технической информации, выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок, обобщения и критического анализа информации.
--	--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	4/20/0		25	Т-8	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3
2	Раздел 2	9-15	3/18/0		25	к.р-15	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		7/38/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

\* – 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
Т	Тестирование
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	7	38	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	4	20	0
1	<b>Общие сведения о приэлектродных слоях</b>	Всего аудиторных часов		

	Общие сведения о приэлектродных слоях в высоко- и низкотемпературной плазме различных плазменных преобразователей энергии.	0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Параметры приэлектродной плазмы</b> Характерные значения параметров приэлектродной плазмы (концентрации, температуры, напряженности электрических и магнитных полей) в УТС, МГД и лазерных установках	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Взаимодействие электронов, атомов и ионов с поверхностью металлов</b> Взаимодействие электронов, атомов и ионов с поверхностью металлов.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Взаимодействие электронного газа внутри и вне металла</b> Взаимодействие электронного газа внутри и вне металла. Влияние приэлектродного скачка потенциала и электрического тока. Нормальный и аномальный эффект Шоттки.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Адсорбция и ее влияние на свойства поверхности и приэлектродные явления</b> Адсорбция и ее влияние на свойства поверхности и приэлектродные явления. Теплота адсорбции. Степень покрытия электрода.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Изменение работы выхода электрода</b> Изменение работы выхода электрода. Изотерма Ленгмюра. S-образные характеристики тока эмиссии электронов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Поверхностная ионизация в многокомпонентной плазме с образованием положительных и отрицательных ионов</b> Поверхностная ионизация в многокомпонентной плазме с образованием положительных и отрицательных ионов.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Раздел 2</b>	3	18	0
9 - 10	<b>Приэлектродный слой плазмы</b> Приэлектродный слой плазмы в случаях термодинамического равновесия и малых отклонений от него. Приэлектродный слой в термодинамическом равновесии электрода и плазмы. Скачок потенциала, потоки частиц. Равновесная концентрация плазмы.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Положительно и отрицательно заряженные приэлектродные слои</b> Анализ случаев положительно и отрицательно заряженных приэлектродных слоев. Поток электронов и ионов из плазмы при малом отклонении от термодинамического равновесия Влияние похождения тока на приэлектродные скачки потенциала и концентрацию плазмы в случаях положительного и отрицательного скачка потенциала.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Распределение потенциала и функция распределения электронов в вакуумном диоде</b>	Всего аудиторных часов		
		0	3	0

	Распределение потенциала и функция распределения электронов в вакуумном диоде. Совместное решение уравнений Пуассона и Больцмана. Переход к кинетическому рассмотрению плазменного приэлектродного слоя.	Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	<b>Кинетическое рассмотрение приэлектродной плазмы. Кнудсеновский и столкновительный приэлектродные слои</b> Постановка задачи кинетического рассмотрения приэлектродной плазмы. Кнудсеновский и столкновительный приэлектродные слои. Основные проблемы, уравнения и методы рассмотрения.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются объяснительно-иллюстративные образовательные технологии и консультации

## 6. 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-2.2	З-ПК-2.2	Э, Т-8, к.р-15
	У-ПК-2.2	Э, Т-8, к.р-15
	В-ПК-2.2	Э, Т-8, к.р-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, Т-8, к.р-15
	У-ПК-3	Э, Т-8, к.р-15
	В-ПК-3	Э, Т-8, к.р-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 твёрдо 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.

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 И45 Классические задачи физики горячей плазмы : курс лекций, Москва: Издательский дом МЭИ, 2015

2. ЭИ П 84 Физика и диагностика плазменных процессов : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2019
3. ЭИ В 57 Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ К93 Введение в пучковую электронику : учеб. пособие для вузов, В. А. Курнаев, Ю. С. Протасов, И. В. Цветков, Москва: МИФИ, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 К13 Коллективные явления в плазме : , Б.Б. Кадомцев, М.: Наука, 1988
2. 621.37 Ч-48 Лазерная техника для физических исследований и практических применений : учеб. пособие для вузов по диагностике плазмы, В. Е. Черковец, С. А. Казаков, В. Г. Наумов, Москва: МИФИ, 2006
3. 620 Э98 Конструкционные материалы. Полный курс : , М. Эшби, Д. Джонс, Долгопрудный: Интеллект, 2010
4. 533 Д44 Диагностика термоядерной плазмы : , Под ред. Лукьянова С.Ю., М.: Энергоатомиздат, 1985
5. ЭИ О-75 Основы физических процессов в плазме и плазменных установках : учебное пособие для вузов, С. К. Жданов [и др.], Москва: МИФИ, 2007
6. 621.38 Ф88 Физические основы электронной техники : Учебник для вузов, С.А. Фридрихов, С.М. Мовнин, М.: Высш. школа, 1982
7. 533 Ч-48 Физика приэлектродных явлений : Учеб.пособие, Черковец В.Е., М.: МИФИ, 1994

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. НИЯУ МИФИ (<http://www.library.mephi.ru/>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Курс Физика приэлектродных явлений состоит из теоретической части, на которой преподаватель дает основные понятия и определения по теме занятия и практической части, на которой разбирается типичный пример решения задачи и даются задания (задачи) студентам на закрепление материала.

В семестре студент может получить максимум 100 баллов: 50 баллов за работу в семестре и 50 баллов за экзамен.

Работа в семестре контролируется посредством теста и контрольной работы.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс Физика приэлектродных явлений состоит из теоретической части, на которой преподаватель дает основные понятия и определения по теме занятия и практической части, на которой разбирается типичный пример решения задачи и даются задания (задачи) студентам на закрепление материала.

Методические указания по проведению лекций

Лекция представляет собой логическое изложение материала в соответствии с планом лекции, который сообщается студентам в начале каждой лекции, и имеет законченную форму, т. е. содержит пункты, позволяющие охватить весь материал, который требуется довести до студентов. Содержание каждой лекции имеет определенную направленность и учитывает уровень подготовки студентов. Ее цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Главной задачей лектора является организация процесса познания студентами материала изучаемой дисциплины на всех этапах ее освоения, предусмотренных образовательным стандартом. Лекции по курсу призваны решать две основные задачи: во-первых, информативную, т.е. сообщать студенту определенный набор теоретических знаний об изучаемой области действительности, во-вторых, развивающую, т.е. способствовать выработке навыков самостоятельной познавательной деятельности, мышления и оценки на основе полученных знаний.

Для решения названных задач при подготовке лекции преподавателю необходимо:

- сформулировать цель и задачи каждой лекции;
- определить содержание лекции и план ее проведения так, чтобы это отвечало поставленным задачам лекции;
- разработать методы активизации познавательной деятельности студентов с учетом уровня знаний студентов;
- продумать возможности использования изучаемого материала в рамках других дисциплин и в практической деятельности;
- представить ссылки на источники для самостоятельного изучения материала студентами;
- по материалу лекции сформулировать задачи с целью подготовки студентов к семинарам.

Тематика и содержание лекции определяются рабочей программой изучаемой дисциплины, составленной в соответствии с образовательным стандартом направления специальности подготовки бакалавра.

Для передачи теоретического материала по дисциплине используются три основных типа лекций: вводная лекция, информационная лекция и обзорная лекция.

По своей структуре лекции могут быть разнообразны – это зависит от содержания и характера излагаемого материала. Однако существует общий структурный каркас, применимый к любой лекции. Прежде всего, это сообщение плана лекции студентам и строгое ему следование. В план лекции включаются наименования основных вопросов лекции, которые могут послужить базой для составления экзаменационных билетов и вопросов к зачету. В начале изложения полезно напомнить содержание предыдущей лекции, связать его с новым материалом, определить место и назначение рассматриваемой темы в дисциплине и в системе других наук.

При раскрытии вопросов темы можно применять индуктивный метод: примеры, факты, подводящие к научным выводам; можно также использовать метод дедукции: разъяснение общих положений с последующим показом возможности их приложения на конкретных примерах. По каждому из анализируемых положений следует делать вывод.

В конце лекции необходимо подвести итог сказанному.

Излагая лекционный материал, преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты пишут конспект. Конспект помогает внимательно слушать, лучше запоминать в процессе осмысленного записывания, обеспечивает наличие опорных материалов при подготовке к семинару, зачету, экзамену. Задача лектора – дать студентам возможность осмысленного конспектирования: слушать, осмысливать, перерабатывать, кратко записывать. Средствами, помогающими конспектированию, являются: акцентированное изложение материала лекции, использование пауз, записи на доске, демонстрации иллюстративного материала, строгое соблюдение регламента занятий.

На каждую лекцию преподавателем разрабатывается план и конспект, включающие название темы, формулировку цели и задач, перечень основных разделов лекции, краткое, структурированное в соответствии с планом, содержание излагаемого материала, а также перечень вопросов, которые будут заданы по ходу лекции с целью активизации и повторения.

В ходе лекций по дисциплине Физика приэлектродных явлений предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий, в частности, применение мультимедийного проектора, а также интерактивных выступлений по принципу «вопрос – ответ», использование мела и доски, схем, таблиц и рисунков.

#### Методические указания по проведению практических занятий

Практические занятия по дисциплине Физика приэлектродных явлений направлены главным образом на закрепление и расширение полученных теоретических знаний, а также представить самостоятельные решения практических ситуаций. Практические занятия призваны углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции в обобщенной форме, и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности. Они развивают инженерное и научное мышление, позволяют проверить знания студентов, привить навыки поиска, обобщения и изложения учебного материала и выступают как средство оперативной обратной связи. Как правило, во время практических занятий основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что определяет содержание деятельности студентов.

Работа в семестре контролируется посредством контрольных работ.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе.

Автор(ы):

Климов Николай Сергеевич

Рецензент(ы):

профессор Черковец В.Е.