

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/12-577

от 19.12.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

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	23	0	42	0	Э
Итого	3	108	7	23	0	0	42	0

## АННОТАЦИЯ

Курс дает представление аудитории о прикладном значении физики плазмы, применении ее в технологии, а также о ряде современных методов нанесения покрытий, плазменного азотирования, развития рельефа поверхности, а также знакомит студентов с плазменными технологиями и основными современными установками, применяемыми в плазменных технологиях: ВЧ-установка, импульсный магнетрон, магнетрон, установка с тлеющим разрядом, ППР, дуговые установки и т.д..

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса - дать представление аудитории о прикладном значении физики плазмы, применении ее в технологии, а также о ряде современных методов нанесения покрытий, плазменного азотирования, развития рельефа поверхности и т.д. Задача курса - сформировать целостное понимание современных проблем плазменных технологий для дальнейшего изучения ее применения в различных технологических задачах, в том числе лазерного термоядерного синтеза.

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

Для успешного освоения курса «Плазменные технологии» студенты должны предварительно прослушать курсы лекций 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 «Плазменные технологии» необходим студентами для выполнения учебно-исследовательских работ и практик.

### 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	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Применение методов создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках	Методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках	ПК-2.2 [1] - Способен применять методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2.2[1] - Знать основные методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках; У-ПК-2.2[1] - Уметь применять на практике методы создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках; В-ПК-2.2[1] - Владеть навыком применения методов создания и диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках
Анализ научно-технической информации, постановка научной проблемы, обработка и обобщение полученных результатов	Научно-техническая информация по тематике исследований, результаты исследования	ПК-3 [1] - Способен анализировать научно-техническую информацию, научные проблемы, результаты, перспективы по тематике проводимых исследований и разработок  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-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 ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить поиск, анализ научно-

			<p>технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых 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.</p>
--	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (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	Первый раздел	1-8	4/12/0		25	КИ-8	3-ПК-2.2, У-ПК-

							2.2, В- ПК- 2.2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3
2	Второй раздел	9-15	3/11/0		25	КИ-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>		7/23/0		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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	7	23	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	4	12	0
1 - 2	<b>Понятие плазмы и примеры ее применения в технологиях.</b> Определение плазмы. Понятие радиуса Дебая и плазменной частоты. Основные характеристики плазмы. Классификация плазмы по температуре и плотности. Примеры применения плазмы в технологиях	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Эмиссия электронов с поверхности твердых тел. Термоэлектронная эмиссия</b> Электронное строение твердых тел (проводники, полупроводники, диэлектрики). Энергия Ферми и работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона-Дэшмана. Эффект Шоттки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Автоэлектронная и фотоэлектронная эмиссия</b> Автоэлектронная эмиссия. Формула Фаулера-Нордгейма. Фотоэффект. Закон Столетова и формула Эйнштейна. Формула Фаулера для плотности тока фотоэмиссии.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Вторичная электрон-электронная и ион-электронная эмиссия</b> Механизм вторичной электрон-электронной эмиссии. Энергетический спектр вторичных электронов. Зависимость коэффициента вторичной электронной эмиссии от энергии первичных электронов, угла падения первичного пучка, свойств материала. Виды ион-электронной эмиссии (потенциальная, кинетическая). Механизм потенциальной ион-электронной эмиссии. Механизм кинетической ион-электронной эмиссии.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Физические процессы, происходящие в газовом разряде. Классификация газовых разрядов</b> Ионизация и возбуждение атомов газа. Сечения ионизации и возбуждения и их зависимость от энергии. Перезарядка. Рекомбинация ионов и электронов. Подвижность электронов в газе. Классификация газовых разрядов.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	3	11	0
9 - 10	<b>Тлеющий разряд и его применение в технологиях</b> Пробой газа. Механизм зажигания и поддержания тлеющего разряда. Закон Пашена. Виды тлеющих разрядов. Структура тлеющего разряда. Применение тлеющего разряда в технологиях.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Магнетронный разряд и его применение в технологиях</b> Механизм горения магнетронного разряда и его технологические преимущества. Варианты реализации магнетронных разрядов и их особенности. Применение магнетронного разряда в технологиях.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Дуговой разряд и его применение в технологиях</b> Механизм зажигания и поддержания дугового разряда. Виды дуговых разрядов и их характеристики. Применение	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		

	дугового разряда в технологиях.	0	0	0
15	<b>Плазменная модификация поверхности и нанесение покрытий в плазме</b> Изменение свойств поверхности при воздействии на нее плазмы (упрочнение, повышение коррозионной стойкости, изменение смачиваемости, ионная полировка). Виды покрытий, особенности их нанесения и их свойства при использовании разрядов различного типа.	Всего аудиторных часов		
		0	2	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

Во время лекций и практических занятий проводятся демонстрации презентации с применением мультимедийного проектора и компьютера.

Обязательным является самостоятельная работа студентов. Практические занятия основаны на выполнении студентами творческих заданий, а именно подготовке и чтении лекции на заданную тему.

В ходе лекций и практических занятий проводится обсуждение вопросов, затрагиваемых при выступлении преподавателя и студентов

## 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, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-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. ЭИ И32 Избранные вопросы физики плазмы и её применения Вып.1 , Москва: НИЯУ МИФИ, 2017
2. ЭИ А 54 Холодное газодинамическое напыление : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2009
3. ЭИ В 67 Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2016

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 А41 Техника осаждения вакуумно-дуговых покрытий : , Харьков: ННЦ ХФТИ, 2014
2. 621.3 Г60 Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Плазменные технологии в нанoeлектронике" : , А. А. Голишников, М. Г. Путря, Москва: МИЭТ, 2011
3. 621.7 К88 Нанесение плазмой тугоплавких покрытий : , В. В. Кудинов, В. М. Иванов, Москва: Машиностроение, 1981
4. 621.7 Н25 Нанесение покрытий плазмой : , В.В. Кудинов, П.Ю. Пекшев, В.Е. Белашенко и др., М.: Наука, 1990

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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**

При изучении курса «Плазменные технологии» необходимо усвоить основные актуальные направления использования и применения плазмы, уметь использовать современные компьютерные технологий в научно-исследовательской деятельности, готовить презентацию на основе открытых источников по актуальным направлениям исследований и выступать с докладом перед аудиторией.

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

Работа в семестре представляет собой выполнение студентом творческого задания (подготовка презентации и ее представление перед аудиторией, дискуссия) на 8й и 15й неделях.

Презентация (в Power Point) представляет собой публичное выступление, ориентированное на ознакомление, убеждение слушателей по определенной теме-проблеме. Обеспечивает визуально-коммуникативную поддержку устного выступления, способствует его эффективности и результативности.

Презентация по одной из актуальных предложенных преподавателем тем должна включать в себя:

1. Слайд с содержанием доклада
2. Введение
3. Актуальность темы,
4. Мотивацию исследования или разработки по данной теме
5. Изложение темы на основе собранной в литературных источниках или в Интернете информации
6. Выводы
7. Список использованных источников

Качественная презентация зависит от следующих параметров:

- - постановки темы, цели и плана выступления;
- - определения продолжительности представления материала;
- - учета особенностей аудитории, адресованности материала;
- - интерактивных действий выступающего (включение в обсуждение слушателей);
- - манеры представления презентации: соблюдение зрительного контакта с аудиторией, выразительность, жестикуляция, телодвижения;
- - наличия иллюстраций (не перегружающих изображаемое на экране), ключевых слов,
- - нужного подбора цветовой гаммы;
- - использования указки.

Студентам рекомендуется

- не читать написанное на экране;
- обязательно неоднократно осуществить представление презентации дома;
- предусмотреть проблемные, сложные для понимания фрагменты и прокомментировать их;
- предвидеть возможные вопросы, которые могут быть заданы по ходу и в результате предъявления презентации.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является на 2 семестре - экзамен. На экзамене студентам предлагается ответить в устной и письменной форме на 2 вопроса билета. В зависимости от полноты ответа на вопросы, экзаменатор вправе задать несколько уточняющих вопросов и 2 дополнительных вопроса из списка вопросов для подготовки к экзамену.

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

Курс «Плазменные технологии» состоит из теоретической части и практической части. На лекциях преподаватель дает основные понятия и определения по теме занятия, на практической части студенты представляют свои творческие задания и идет их обсуждение.

## 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.

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 экзамену. 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 «Основы автоматизации плазменных установок» 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 «Плазменные технологии» направлены главным образом на закрепление и расширение кругозора знаний, 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. Структура практических занятий по дисциплине «Плазменные технологии» включает: постановку задач преподавателем; ответы на вопросы студентов для уточнения материала; защиту творческих заданий.

Текущий контроль успеваемости проводится в формах проверки двух творческих заданий (8 и 15 недели семестра).

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является на 2 семестре - экзамен.

Автор(ы):

Евсин Арсений Евгеньевич

Рецензент(ы):

проф., д-р физ.мат. наук Акишев Ю.С.