

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПЛАЗМЕННЫЕ УСТАНОВКИ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 16.04.02 Высокотехнологические плазменные и  
энергетические установки

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|-----------|--|
| 3       | 2                      | 72                         | 8            | 24                        | 0                        |  | 40        | 0         | 3  |
| Итого   | 2                      | 72                         | 8            | 24                        | 0                        | 0  | 40        | 0         |  |

## АННОТАЦИЯ

Курс раскрывает принципы физики низкотемпературной плазмы и электрофизики, лежащие в основе работы современных электрофизических установок, электродинамических ускорителей заряженных частиц и электронных устройств.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: Углубленно изучить особенности низкотемпературной плазмы в плазменных установках, методы создания плазмы, использование плазменных установок в науке и технике. Облегчить изучение специальной литературы, дать необходимые сведения для исследовательской работы.

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

Содержание программы представляет собой развитие полученных ранее знаний 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; вакуумная технология плазменных установок.

Изучение дисциплины позволит студентам глубже изучить физику эксперимента и диагностику явлений, происходящих в низкотемпературной плазме.

### 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;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции                                  |
|---|--|--|--|
| научно-исследовательский  |  |  |  |
| Применение методов диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических | Методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и | ПК-3.2 [1] - Способен применять методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных  | З-ПК-3.2[1] - Знать основные методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| установках  | плазменных технологических установках                         | технологических установках<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011  | технологических установках;<br>У-ПК-3.2[1] - Уметь применять на практике методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках;<br>В-ПК-3.2[1] - Владеть навыком применения методов диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках   |
| научно-инновационный  |   |   |  |
| Использование методов плазменной обработки материалов, разработка плазменных технологий | Методы плазменной обработки материалов, плазменные технологии | ПК-3.3 [1] - Способен применять методы плазменной обработки материалов, разрабатывать плазменные технологии<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-3.3[1] - Знать основные методы плазменной обработки материалов, плазменные технологии;<br>У-ПК-3.3[1] - Уметь применять на практике методы плазменной обработки материалов, разрабатывать плазменные технологии;<br>В-ПК-3.3[1] - Владеть методами плазменной обработки материалов и навыком разработки плазменных технологий |

#### 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>3 Семестр</i>  |      |        |  |    |       |   |
| 1 | Диагностическое оборудование плазменных установок.                                    | 1-8  | 4/12/0 |  | 25 | КИ-8  | 3-ПК-3.2,<br>У-ПК-3.2,<br>В-ПК-3.2,<br>3-ПК-3.3,<br>У-ПК-3.3,<br>В-ПК-3.3 |
| 2 | Техника больших импульсных токов. Получение стационарных и импульсных магнитных полей | 9-16 | 4/12/0 |  | 25 | КИ-16 | 3-ПК-3.2,<br>У-ПК-3.2,<br>В-ПК-3.2,<br>3-ПК-3.3,<br>У-ПК-3.3,<br>В-ПК-3.3 |
|   | <i>Итого за 3 Семестр</i>   |      | 8/24/0 |  | 50 |       |   |
|   | <b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>   |      |        |  | 50 | 3     | 3-ПК-3.2,<br>У-ПК-3.2,<br>В-ПК-3.2,<br>3-ПК-3.3,<br>У-ПК-3.3,<br>В-ПК-3.3 |

\* – 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  |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание   | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|---|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>3 Семестр</i>  | 8                      | 24             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Диагностическое оборудование плазменных установок.</b>   | 4                      | 12             | 0          |
| 1 - 4      | <b>Измерение импульсных токов и напряжений.</b><br>Измерение импульсных токов. Шунты. Устройство и расчет пояса Роговского. Частотные ограничения.<br>Измерение напряжений. Делители. Интегрирующие элементы измерительных цепей. Датчики Холла | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 2                      | 6              | 0          |
|            |   | Онлайн                 |                |            |
|            |   | 0                      | 0              | 0          |
| 5 - 6      | <b>Измерение импульсных магнитных полей и токов в плазме.</b><br>Измерение импульсных магнитных полей и токов в плазме. Магнитные зонды. Элементы зондовых систем и их параметры. Частотные ограничения.  | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 1                      | 3              | 0          |
|            |   | Онлайн                 |                |            |
|            |   | 0                      | 0              | 0          |
| 7 - 8      | <b>Измерение параметров плазмы. Электрические зонды</b><br>Электрические зонды. Вольтамперные характеристики зондов, методы их обработки. Критерии применимости   | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |   | 1                      | 3              | 0          |
|            |   | Онлайн                 |                |            |

|             |  |                        |    |   |
|-------------|--|------------------------|----|---|
|             | зонда для измерения в плазме.  | 0                      | 0  | 0 |
| <b>9-16</b> | <b>Техника больших импульсных токов.<br/>Получение стационарных и импульсных магнитных полей</b>   | 4                      | 12 | 0 |
| 9 - 12      | <b>Электрические зонды</b><br>Двойной зонд. Зондовые измерения в плотной плазме.<br>Возмущения, вносимые зондом в плазму.  | Всего аудиторных часов |    |   |
|             |  | 2                      | 6  | 0 |
|             |  | Онлайн                 |    |   |
|             |  | 0                      | 0  | 0 |
| 13          | <b>Накопители энергии</b><br>Накопители энергии: механические, химические, световые, электрические, емкостные и индуктивные, комбинированные.  | Всего аудиторных часов |    |   |
|             |  | 1                      | 1  | 0 |
|             |  | Онлайн                 |    |   |
|             |  | 0                      | 0  | 0 |
| 14          | <b>ГИТ</b><br>Общая схема ГИТ. Расчет электрических параметров ГИТ. Емкостные ГИТ. Режимы заряда и разряда емкостных ГИТ. Работа емкостных ГИТ на индуктивную нагрузку. Индуктивные ГИТ, основные параметры, режимы заряда и разряда. Работа в режиме “обострителя энергии”. | Всего аудиторных часов |    |   |
|             |  | 0                      | 2  | 0 |
|             |  | Онлайн                 |    |   |
|             |  | 0                      | 0  | 0 |
| 15          | <b>Сильные токи</b><br>Коммутация сильных токов. Вакуумные разрядники. Искровые разрядники. Разрядники высокого давления.  | Всего аудиторных часов |    |   |
|             |  | 1                      | 1  | 0 |
|             |  | Онлайн                 |    |   |
|             |  | 0                      | 0  | 0 |
| 16          | <b>ГИН</b><br>Общая схема ГИН. Генераторы Маркса-Аркадьева, работа ГИН на нагрузку.  | 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

Лекции, семинарские занятия с использованием компьютерных технологий.

## 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-3.2      | З-ПК-3.2            | З, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-3.2            | З, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-3.2            | З, КИ-8, КИ-16                    |
| ПК-3.3      | З-ПК-3.3            | З, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-3.3            | З, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-3.3            | З, КИ-8, КИ-16                    |

### 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 М65 Plasma Engineering: Applications from Aerospace to Bio and Nanotechnology : , Michael Keidar , Isak Beilis , : Elsevier, 2013
2. ЭИ ИЗ2 Избранные вопросы физики плазмы и её применения Вып.1 , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2017
3. 53 П26 Методы исследований в экспериментальной физике : учебное пособие для вузов, Пергамент М.И., Долгопрудный: Интеллект, 2010
4. 537 Р18 Физика газового разряда : , Райзер Ю.П., Долгопрудный: Интеллект, 2009
5. 621.039 М48 Электрический потенциал в плазме тороидальных установок : монография, Мельников А.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 Л33 Введение в зондовую диагностику плазмы пониженного давления : Учеб. пособие для вузов, Лебедев Ю.А., М.: МИФИ, 2003
2. Отч. Г59 Годовой отчет по НИР кафедры физики плазмы за 2010 г. : , , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. 533 Д44 Диагностика плотной плазмы : , Басов Н.Г., М.: Наука, 1989
4. 530.2 М54 Методы исследования плазмы : Спектроскопия, лазеры, зонды, , М.: Мир, 1971
5. 537/.8 С36 Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применение : , , М.: Мир, 1988
6. 537.8 Л14 Сильные импульсные магнитные поля в физическом эксперименте : , Ожогин В.И., Лагутин А.С., М.: Энергоатомиздат, 1988
7. 533 К 65 Современные средства диагностики плазмы и их применение : материалы VIII Российской конференции, Москва, НИЯУ МИФИ, 23-25 октября 2012 г., , 2012
8. 621.37 М31 Физика и техника мощных импульсных систем. Импульсные коммутирующие приборы : , Масленников С.П., М.: МИФИ, 2003
9. 535 Д79 Фотографическая регистрация быстротекущих процессов : , Дубовик А.С., М.: Наука, 1984

### **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 «Плазменные установки» 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 зачет.

Работа в семестре представляет собой выполнение практических и домашних заданий.

В качестве домашнего задания студентам необходимо решить задачи, которые были начаты и незакончены на практических занятиях.

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 «Плазменные установки» 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.

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 «Плазменные установки» 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 установки» 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. Структура практических занятий по дисциплине «Плазменные установки» включает: постановку задач преподавателем; ответы на вопросы студентов для уточнения материала; защиту решения практических задач и др.

#### Методические указания по оценке знаний студентов

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

Работа в семестре представляет собой выполнение практических и домашних заданий.

В качестве домашнего задания студентам необходимо подготовить невыполненные на предыдущем занятии задачи и сдать их преподавателю в конце занятия с учетом данных преподавателем индивидуальных дополнительных требований к задаче.

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):

Степанова Татьяна Владимировна

Рецензент(ы):

доцент, Казиев А.В.