

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ (ЧАСТЬ 2)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 16.03.02 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 |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--|-----------|--|
| 7 | 4 | 144 | 32 | 48 | 0 | 28 | 0 | Э |
| Итого | 4 | 144 | 32 | 48 | 0 | 0 | 28 | 0 |

АННОТАЦИЯ

Представляет собой вторую часть годового курса, в которой изучаются элементарные процессы в газе и основные виды газовых разрядов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- научить студентов понимать физику явлений, происходящих в низкотемпературной плазме и физических основ работы приборов вакуумной и газоразрядной электроники;
- облегчить изучение специальной литературы, дать необходимые сведения для исследовательской работы.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения теоретического курса 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

Данный лекционный курс необходим студентами для выполнения:

- учебно-исследовательских работ по тематике «Газовый разряд и электронные пучки»;
- лабораторных работ дисциплины «Практикум по физике низкотемпературной плазмы»,
- решения задач на семинарских занятиях практического курса «Физика низкотемпературной плазмы (часть 2)»;

Курс необходим как предшественник для изучения студентами следующих лекционных курсов:

- «Плазменные установки»;
- «Плазмохимия».

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 |
|---|--|--|--|
| расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского | | | |
| Создание и применение плазмы, пучков заряженных частиц, как в качестве объектов исследования, так и для использования их в составе диагностических средств | Плазма, пучки заряженных частиц, диагностические средства | <p>ПК-2.2 [1] - Способен к созданию и применению плазмы, пучков заряженных частиц, как в качестве объектов исследования, так и для использования их в составе диагностических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002</p> | <p>З-ПК-2.2[1] - Знать способы создания, получения, применения и основные методы исследования и диагностики плазмы и пучков заряженных частиц;</p> <p>У-ПК-2.2[1] - Уметь работать на экспериментальных установках по созданию и исследованию параметров плазмы и пучков заряженных частиц;;</p> <p>В-ПК-2.2[1] - Владеть навыком работы на диагностических комплексах в основе которых лежит применение плазмы или пучков заряженных частиц</p> |
| Использование основных законов физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов | Основные законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов | <p>ПК-2.3 [1] - Способен использовать основные законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p> | <p>З-ПК-2.3[1] - Знать основные понятия и законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом, основные понятия, законы и модели, используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов ;</p> <p>У-ПК-2.3[1] - Уметь использовать основные законы физики плазмы и ее</p> |

| | | | | | | | |
|---|---|------|---------|--|----|-------|---|
| | <i>7 Семестр</i> | | | | | | |
| 1 | Элементарные процессы и движение заряженных частиц в газе | 1-8 | 16/24/0 | | 25 | КИ-8 | 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3 |
| 2 | Электрический ток в газе | 9-16 | 16/24/0 | | 25 | КИ-16 | 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3 |
| | <i>Итого за 7 Семестр</i> | | 32/48/0 | | 50 | | |
| | Контрольные мероприятия за 7 Семестр | | | | 50 | Э | 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2 |

* – 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

| Неделя | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|-------------|--|------------------------|----------------|------------|
| | <i>7 Семестр</i> | 32 | 48 | 0 |
| 1-8 | Элементарные процессы и движение заряженных частиц в газе | 16 | 24 | 0 |
| 1 - 2 | Рассеяние электронов и ионов в газе Рассеяние электронов и ионов в газе. Полное сечение взаимодействия и средний свободный пробег. Опыт Рамзауэра. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 - 4 | Элементарные процессы Возбуждение атомов и молекул электронами, ионами, нейтральными атомами и фотонами. Ионизация электронным ударом и ионами. Многократная ионизация. Ионизация быстрыми нейтральными частицами. Термическая ионизация. Формула Саха. Фотоионизация. Рекомбинация ионов и электронов. Образование отрицательных ионов. Экспериментальные методы исследования рекомбинации заряженных частиц. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 5 - 6 | Подвижность Скорость дрейфа, подвижность электронов и ионов в газе. Методы измерения подвижности электронов и ионов. Теория дрейфа заряженных частиц в газе Ланжевена и Томпсона. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 7 - 8 | Диффузия заряженных частиц Диффузия заряженных частиц соотношение Эйнштейна. Амбиполярная диффузия. Диффузия в магнитном поле. Экспериментальные методы исследования процесса диффузии. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 9-16 | Электрический ток в газе | 16 | 24 | 0 |
| 9 | ВАХ газового разряда Несамостоятельный разряд в газе: без ионизационного усиления и с ионизационным усилением | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 3 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Формирование самостоятельного разряда Образование лавин. Коэффициент Таунсенда. Потенциал зажигания самостоятельного разряда. Закон Пашена. Постоянная Столетова. Влияние пространственного заряда на распределение потенциала. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 3 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|---------|--|------------------------|---|---|
| 11 - 12 | Тлеющий разряд Тлеющий разряд. Основные области разряда. Катодная область, теория катодной области тлеющего разряда. Нормальный и аномальный тлеющий разряд. Положительный столб тлеющего разряда, режим низкого давления. Основные уравнения: уравнение равновесия плазмы, образование ионов, токов. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Дуговой разряд Дуговой разряд. Столб дугового разряда в диффузионном режиме, его температура, энергетический баланс. Катод и анод в дуговом разряде. Контрагированная дуга. Вакуумная дуга с горячим катодом. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 3 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 14 - 15 | Другие виды разрядов Высокочастотный разряд с внешними или внутренними электродами. Индукционный разряд. Факельный разряд. Использование в.ч. разряда в технике и плазмохимии. Коронный разряд. Положительная и отрицательная корона, условия коронного пробоя, вольтамперная характеристика короны. Искровой разряд. Стриммерная теория искрового разряда. Напряжение искрового пробоя. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 4 | 6 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Разряд в магнитном поле Пробой газоразрядного промежутка в поперечном магнитном поле. Теория пробоя Хофера-Редхеда. Пробой в неоднородном | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 3 | 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 |

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционный курс предусматривает демонстрационный материал по каждой теме занятий, который представляется либо в виде слайдов, либо в виде образцов реальных устройств. Задача лектора доступно объяснить на основе прочитанного лекционного материала, как и где используются явления, модели и условия применимости.

Другие интерактивные формы обучения предусмотрены в дополняющих курс отдельных модулях семинарских и лабораторных занятий.

7. 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-16 |
| | У-ПК-2.2 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-2.2 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-2.3 | З-ПК-2.3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-2.3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-2.3 | Э, 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 – «отлично» | 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 – «хорошо» | 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 – «удовлетворительно» | 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 – «неудовлетворительно» | 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. |
|--|--|--|--|

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ X58 Gas Discharge and Gas Insulation : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016
2. ЭИ F85 Low Pressure Plasmas and Microstructuring Technology : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2009
3. 537 Ф50 Физическая электроника и низкотемпературная плазма : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
4. ЭИ K93 Введение в пучковую электронику : учеб. пособие для вузов, В. А. Курнаев, Ю. С. Протасов, И. В. Цветков, Москва: МИФИ, 2008
5. 621.38 K93 Введение в пучковую электронику : учебное пособие для вузов, В. А. Курнаев, Ю. С. Протасов, И. В. Цветков, Москва: МИФИ, 2008
6. ЭИ C23 Сборник задач по физической электронике и физике плазмы : учебное пособие для вузов, В. И. Ильгисонис [и др.], Москва: МИФИ, 2008
7. 621.38 C23 Сборник задач по физической электронике и физике плазмы : учебное пособие для вузов, В. И. Ильгисонис [и др.], Москва: МИФИ, 2008
8. 544 P67 Физикохимия поверхности : , В. И. Ролдугин, Долгопрудный: Интеллект, 2008
9. ЭИ Ж42 Явления переноса в газах и плазме : учебное пособие для вузов, В. М. Жданов, Москва: МИФИ, 2008
10. 533 Ж42 Явления переноса в газах и плазме : учебное пособие для вузов, В. М. Жданов, Москва: МИФИ, 2008
11. 537 P18 Физика газового разряда : , Ю. П. Райзер, Долгопрудный: Интеллект, 2009

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Л33 Введение в зондовую диагностику плазмы пониженного давления : Учеб. пособие для вузов, Ю. А. Лебедев, М.: МИФИ, 2003

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Microsoft office ()
2. OSWindows 7 Pro (33-103)
3. KasperskySecurity (33-103)
4. Adobe acrobat (33-103)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Персональный Компьютер (33-103)
2. Проектор EPSON (33-103)
3. Интерактивная доска SMARTBOARD SB680IV3 (33-103)

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс представляет теоретический курс лекций и курс практических занятий.

Лекционная часть предназначена с ознакомлением с основными понятиями и определениями, практическая часть введена для разбора типичных примеров решения задач и закрепления материала.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен в 7-м семестре.

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

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.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Данный учебный курс состоит из теоретической части, где 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.

Лекции по курсу призваны решать две основные задачи:

- информативную, т.е. сообщать студенту определенный набор теоретических знаний об изучаемой области действительности;

- 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.

Существует общий структурный каркас, применимый к любой лекции. Прежде всего, это сообщение плана лекции студентам и строгое ему следование. В план лекции включаются основные вопросы лекции, которые могут послужить базой для составления экзаменационных билетов. 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, 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.

Методические указания по проведению практических занятий.

Практические занятия по данной дисциплине направлены главным образом на закрепление и расширение полученных теоретических знаний, а также на самостоятельное решение 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 включает: постановку задач преподавателем; ответы на вопросы студентов для уточнения материала; защиту решения практических задач и др.

Автор(ы):

Евсин Арсений Евгеньевич

Крашевская Галина Витальевна, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Д.ф.-м.н., Лебедев Ю.А.