

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ: ЭЛЕКТРОНИКА

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
1	4	144	16	32	0		60	0	Э
Итого	4	144	16	32	0	0	60	0	

АННОТАЦИЯ

Курс «Физика низкотемпературной плазмы» является одним из основных годовых курсов, читаемых на кафедре «Физика плазмы». Параллельно данному курсу специально проводится практический курс семинарских занятий «Физика низкотемпературной плазмы: электроника», на которых студенты закрепляют знания, полученные на лекции, и учатся пользоваться формулами, делать оценки, пользоваться различными системами единиц.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» 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

Курс «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» является одним из основных годовых курсов, читаемых на кафедре «Физика плазмы». Параллельно данному курсу специально проводится практический курс семинарских занятий «Физика низкотемпературной плазмы: электроника», на которых студенты закрепляют знания, полученные на лекции, и учатся пользоваться формулами, делать оценки, пользоваться различными системами единиц.

Для успешного освоения теоретического курса «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» 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

Лекционный курс «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» необходим студентами для выполнения:

- учебно-исследовательских работ по тематике «Газовый разряд и электронные пучки»;
- решения задач на семинарских занятиях практического курса «Физика низкотемпературной плазмы: электроника»;

Курс «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» 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 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 диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках	Методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках	ПК-3.2 [1] - Способен применять методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.2[1] - Знать основные методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках; У-ПК-3.2[1] - Уметь применять на практике методы диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках; В-ПК-3.2[1] - Владеть навыком применения методов диагностики плазмы в установках термоядерного синтеза и плазменных технологических установках

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>1 Семестр</i>						
1	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитных полях	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2
2	Эмиссия заряженных частиц	9-16	8/16/0		25	КИ-16	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2

* – 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

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	0

1-8	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитных полях	8	16	0
1	Траектория заряженных частиц Траектория заряженных частиц в однородных электрическом и магнитном полях. Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
2	Отклонение и фокусировка заряженных частиц Отклонение и фокусировка заряженных частиц в постоянном электрическом поле. Фокусировка в плоском и цилиндрическом конденсаторах. Отклонение и фокусировка пучка заряженных частиц в ограниченном магнитном поле.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
3 - 5	Элементы электронной оптики параксиальных пучков Движение заряженных частиц в аксиально-симметричном электрическом поле. Законы подобия. Основные типы электростатических линз. Движение заряженных частиц в аксиально-симметричном магнитном поле. Магнитные линзы. Абберация электронных линз.	Всего аудиторных часов		
		3	6	0
		Онлайн		
0	0	0		
6 - 7	Объемный заряд Ограничение тока объемным зарядом. Формула Ленгмюра для плоских и цилиндрических электродов. Учет начальных скоростей частиц. Поток заряженных частиц в вакууме с учетом объемного заряда. Образование виртуального катода.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
8	Формирование пучков заряженных частиц Формирование пучков заряженных частиц. Изменение формы пучка под воздействием собственных электрических полей. Методы определения потенциала ионного пучка. Пирсова оптика. Нейтрализация объемного заряда в пучках.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
9-16	Эмиссия заряженных частиц	8	16	0
9	Виды эмиссии частиц Эмиссия электронов. Эмиссия атомных частиц.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
10	Термоэлектронная эмиссия Термоэлектронная эмиссия. Уравнение Ричардсона-Дэшмана. Измерение термоэмиссионных характеристик вещества. Влияние внешнего электрического поля на термоэлектронную эмиссию. Эффективные термокатодеды. Антиэмиссионные покрытия.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
11	Автоэлектронная эмиссия Автоэлектронная эмиссия металлов. Электронные эмиссии, вызываемые сильными электрическими полями в эмиттере	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
12	Фотоэмиссия Фотоэмиссия. Законы Столетова и Эйнштейна. Теория фотоэмиссии. Кривая Фаулера	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0		
13 - 14	Вторичная эмиссия	Всего аудиторных часов		

	Вторичная электронная эмиссия. Отражение электронов от твердого тела. Характеристические потери энергии. Закономерности истинной вторичной электронной эмиссии. Приведенная кривая. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Андидинатронные покрытия. Потенциальная и кинетическая ион-электронная эмиссия.	2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Эмиссия атомных частиц Поверхностная ионизация. Формула Саха-Ленгмюра. Зависимость от степени покрытия. Использование поверхностной ионизации в источниках ионов. Катодное распыление металлов и диэлектриков.	Всего аудиторных часов		
		2	4	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1	Движение заряженных частиц в электрическом поле Задачи: 1, 2, 5А, 5Б. Д.з.: 4, 6, 7
2	Фокусировка заряженных частиц в электрическом поле Фокусировка заряженных частиц в однородном электрическом поле и в поле цилиндрического конденсатора. Основные задачи: 9, 11, 13, 14, 16. Д.з.: 10, 12, 15
3	Движение заряженных частиц в магнитном поле. Основные задачи: 19, 21, 23, 25, 26. Д.з.: 20, 22, 24, 25
4	Фокусировка заряженных частиц в магнитном поле Фокусировка заряженных частиц в магнитном поле. Основные задачи: 28, 30, 32. Д.з.: 27, 29, 31
5	Движение заряженных частиц во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях Движение заряженных частиц в скрещенных полях Основные задачи: 35, 39, 40, 41. Д.з.: 34, 36, 37
6	Фокусирующие свойства электростатических электронных линз Основные задачи: 43, 44, 46, 48, 51. Д.з.: 45, 47, 49

7	Фокусировка заряженных частиц в аксиально-симметричном магнитном поле Основные задачи: 55, 56, 58, 62, 63. Д.з.: 59,60, 64
8	Контрольная работа №1: Решение задач по темам: 1. Движение заряженных частиц в электрическом поле. 2. Движение заряженных частиц в магнитном поле 3. Движение заряженных частиц во взаимноперпендикулярных электрическом и магнитном полях. 4. Фокусирующие свойства электростатических электронных линз 5. Фокусировка заряженных частиц в аксиально-симметричном магнитном поле
9	Закон Чайльда-Ленгмюра для цилиндрического и сферического диода Основные задачи: 72, 75, 77, 79. Д.з.: 73, 74
10	Пространственный заряд в пучке заряженных частиц. Оптика Пирса Основные задачи: 80, 82, 84, 87, 89. Д.з.: 81, 83, 85
11 - 12	Термоэлектронная эмиссия Основные задачи: 91, 94, 98, 101, 104. Д.з.: 92, 93, 96
13 - 14	Автоэлектронная и фотоэлектронная эмиссия Основные задачи: 105, 107, 109, 114. Д.з.: 110, 111, 113
15	Вторичная электронная эмиссия. Поверхностная ионизация Основные задачи: 115, 119, 123, 126. Д.з.: 116, 122, 124
16	Контрольная работа №2 темы задач 1. Закон Чайльда-Ленгмюра для плоского диода 2. Оптика Пирса 3. Пространственный заряд в пучке заряженных частиц 4. Термоэлектронная эмиссия 5. Автоэлектронная и фотоэлектронная эмиссия

5. 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.

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	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3.2	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.
--	--	--	---

7. 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. 544 Р67 Физикохимия поверхности : , В. И. Ролдугин, Долгопрудный: Интеллект, 2008
5. ЭИ Ж42 Явления переноса в газах и плазме : учебное пособие для вузов, В. М. Жданов, Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 О-75 Основы физического эксперимента в физике плазмы : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 621.38 С23 Сборник задач по физической электронике и физике плазмы : учебное пособие для вузов, В. И. Ильгисонис [и др.], Москва: МИФИ, 2008
3. 621.039 Л33 Введение в зондовую диагностику плазмы пониженного давления : Учеб. пособие для вузов, Ю. А. Лебедев, М.: МИФИ, 2003
4. 537 Р18 Физика газового разряда : , Ю. П. Райзер, Долгопрудный: Интеллект, 2009

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

Курс представляет теоретически курс лекций и практических занятий в 1-м семестре. Преподаватель на лекциях дает основные понятия и определения по теме занятия и на семинарах разбирает типичные задачи для закрепления материала.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» является:

1 семестр – экзамен.

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

Работа в семестре оценивается посредством контрольных и тестовых заданий и домашних заданий.

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 представляет теоретически курс лекций и практических занятий в 1-м семестре. Преподаватель на занятиях дает основные понятия и определения по теме занятия и разбирает типичные задачи для закрепления.

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 низкотемпературной плазмы: электроника» 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 низкотемпературной плазмы: электроника" 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.

Методические указания по оценке знаний студентов

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Физика низкотемпературной плазмы: электроника» является:

1 семестр – экзамен.

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

Работа в семестре оценивается посредством контрольных и тестовых заданий, домашних заданий.

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):

Евсин Арсений Евгеньевич

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

Рецензент(ы):

Д.ф.-м.н., Лебедев Ю.А.