

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.04.2023 10:56:25
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Электронные приборы и устрой-
ства»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

«Электронные приборы и устройства»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Комлев А.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭПУ
21.03.2022, протокол № 4

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	ЭПУ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	6
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	17
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	147
Всего (академ. часов)	216
Вид промежуточной аттестации	
Экзамен (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

Основной целью дисциплины является ознакомление студентов с физическими процессами и эффектами, наблюдаемыми в низкотемпературной плазме, генерируемой в широком диапазоне давлений, выявление наиболее общих закономерностей, характеризующих эти процессы, и формирование у студентов умения применять рассматриваемые закономерности на практике.

SUBJECT SUMMARY

«APPLAID PLASMA PHISICS»

The main purpose of discipline is to familiarize students with physical processes and effects that take place in plasma, identifying the most common patterns that characterize these processes and the formation of students' ability to apply the laws considered in practice.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели изучения дисциплины:

-ознакомление с основными фундаментальными физическими характеристиками и методами описания свойств плазмы, ее поведение в магнитном поле и транспортными свойствами;

-формирование умений применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физических процессов в плазме и приборах плазменной эмиссионной электроники;

-формирование навыков самостоятельной работы с литературой; аппаратными и методическими средствами экспериментального исследования параметров плазменных образований.

2. Задачи изучения дисциплины:

-уметь применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физических процессов в плазме и приборах плазменной электроники.

-овладеть навыками самостоятельной работы с литературой; аппаратными и методическими средствами экспериментального исследования параметров плазменных образований.

3. Знания основных фундаментальных физических характеристик и методов описания свойств плазмы, ее поведение в магнитном поле и транспортных свойств.

4. Умения применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физических процессов в плазме и приборах плазменной электроники.

5. Владеть навыками самостоятельной работы с литературой; аппаратными и методическими средствами экспериментального исследования параметров плаз-

менных образований.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Вакуумная и плазменная электроника»
4. «Электродинамика»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-8	Способен к эксплуатации измерительного, диагностического, технологического оборудования
<i>ПК-8.2</i>	<i>Умеет осуществлять метрологическое обеспечение технологических и измерительных процессов при производстве приборов электроники и нанoeлектроники на базе нанотехнологий</i>
СПК-2	Готов участвовать в разработке узлов и блоков вакуумной и плазменной электроники и рентгеновских приборов
<i>СПК-2.2</i>	<i>Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации узлов и блоков вакуумной и плазменной электроники и рентгеновских приборов</i>
<i>СПК-2.3</i>	<i>Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации узлов и блоков вакуумной и плазменной электроники и рентгеновских приборов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				
2	Основные представления и терминология	1	5		1	24
3	Методы генерации плазмы	2	5	3		24
4	Общие свойства плазмы	2	6	3		24
5	Поведение плазмы в магнитном поле	3	6	4		24
6	Равновесие и устойчивость плазменных конфигураций. Колебания и волны в плазме	3	6	3		24
7	Методы экспериментальной диагностики параметров плазмы	4	6	4		27
8	Заключение	1				
	Итого, ач	17	34	17	1	147
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	216/6				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке бакалавров по направлению электроника и наноэлектроника, ее связь с другими дисциплинами специальности. Значение плазмы для прикладной науки и техники.
2	Основные представления и терминология	Определение понятий: вакуум, ионизованный газ и плазма, газовый разряд. Общие представления о терминологии физики плазмы. Элементарные процессы при взаимодействии электронов, атомных частиц и ионов. Модели для описания потоков заряженных частиц и плазмы. Классификация видов плазмы.
3	Методы генерации плазмы	Высокая температура. Протекание электрического тока через газ. Кор-пускулярные потоки. Электромагнитное излучение.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Общие свойства плазмы	Слабо-и сильно-ионизованная плазма. Транспортные свойства плазмы: перенос заряда, массы, импульса, энергии. Электропроводность, теплопроводность, диффузия, вязкость. Излучение плазмы. Взаимодействие плазмы с ограничивающими поверхностями. Диэлектрическая проницаемость. Пучковая плазма. Эмиссионные свойства плазмы. Коллективные свойства.
5	Поведение плазмы в магнитном поле	Диамагнетизм плазмы. Замагниченность плазмы. Адиабатическое приближение для описания свойств плазмы в магнитном поле. Адиабатические инварианты. Плазма в скрещенных электрическом и магнитном полях.
6	Равновесие и устойчивость плазменных конфигураций. Колебания и волны в плазме	Равновесие плазмы в электрическом и магнитном полях. Устойчивость плазменной границы во внешних полях. Магнитогидродинамические неустойчивости. Пучковая неустойчивость. Звук в плазме. Ленгмюровские колебания. Колебания и волны в столкновительной и бесстолкновительной плазме.
7	Методы экспериментальной диагностики параметров плазмы	Зондовые диагностики. Микроволновые диагностики. Измерения по спектрам излучения. Корпускулярные диагностики. Применение лазеров в диагностических целях.
8	Заключение	Наиболее существенные закономерности, характеризующие плазму как специфическую субстанцию. Основные тенденции в применении плазмы и плазменных потоков в прикладных целях.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Расчет скорости дрейфа заряженных частиц в газе под действием внешнего электрического поля	2
2. Исследование влияния функции распределения электронов по энергиям на среднее сечение ионизации атомов	2
3. Исследование эмиссионной способности катода	2
4. Исследование коэффициента распыления мишени ионами инертных газов	2
5. Исследование функции распределения электронов по энергиям в газовом разряде	2
6. Исследование направленного движения заряженных частиц в газе под действием электрического поля	2
7. Исследование газоразрядной плазмы методом зондов	2
8. Исследование параметров плазмы методом двойного зонда	3
Итого	17

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Элементарные процессы в плазме	3
2. Генерация плазмы в газовых разрядах	3
3. Магнитная гидродинамика для описания процессов в плазме	4
4. Пограничные слои в плазме	4
5. Эмиссионные свойства плазмы	4
6. Плазма в скрещенных электрическом магнитном полях	4
7. Плазма положительного столба разряда	4
8. Равновесие плазмы во внешних полях	4
9. Устойчивость плазменных конфигураций	4
Итого	34

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	25
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	30
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	57
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	147

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Абрамов, Игорь Семенович. Современное состояние и основные направления развития плазменной электроники [Текст] : текст лекций / И. С. Абрамов, В. Т. Барченко ; под ред. А. А. Потсара, 1985. -48 с.	84
2	Физические основы плазменной электроники [Текст] : учеб. пособие / [В.Т. Барченко [и др.]], 2010. -79 с.	184
3	Барченко, Владимир Тимофеевич. Плазменные приборы и устройства на базе тлеющего разряда [Текст] : учеб. пособие / В.Т. Барченко, 2002. -63 с.	76
4	Вакуумная и плазменная электроника [Текст] : метод. указания по дисциплине "Вакуумная и плазменная электроника" для студентов заоч. формы обучения / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2007. -32 с.	70
5	Барченко, Владимир Тимофеевич. Прикладная физика плазмы [Текст] : учеб. пособие / В. Т. Барченко, А. А. Лисенков, Т. С. Павленко, 2014. -63, [1] с.	15
6	Лисенков, Александр Аркадьевич. Прикладная физика плазмы [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. А. Лисенков, Т. С. Павленко, С. А. Марцынюков, 2016. -63 с.	20
Дополнительная литература		
1	Абрамов, Игорь Семенович. Лабораторный практикум по дисциплине "Плазменные приборы и устройства" [Текст] / И.С. Абрамов, В.Т. Барченко, 1995. -75 с.	80

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Ключарев А. Н., Мишаков В.Г. Тимофеев Н.А. Введение в физику низкотемпературной плазмы https://www.gubkin.ru/faculty/chemical_and_environmental/chairs_and_departments/physical_and_colloid_chemistry/files/05.03.2018/vved_v_fiziku.pdf
2	Янин С.Н. Лекции по основам физики плазмы https://portal.tpu.ru/SHARED/y/YANIN/academics/Tab1/lectures.pdf

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12771>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Прикладная физика плазмы» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

Экзамен

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

По результатам посещаемости лекционных и практических занятий (не менее 80 % занятий), выполнения лабораторных работ и защит отчетов по лабораторным работам на коллоквиуме студент получает допуск на экзамен.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Ионизованный газ и плазма
2	Квазинейтральность плазмы
3	Электростатическое экранирование в плазме
4	Явления переноса в плазме
5	Взаимодействие заряженных частиц с поверхностью твердого тела
6	Диффузия заряженных частиц в плазме
7	Дрейф заряженных частиц в плазме
8	Плазма в магнитном поле
9	Методы экспериментальной диагностики параметров плазмы
10	Исследование газоразрядной плазмы методом одиночного зонда
11	Нахождение параметров плазмы
12	Определение функции распределения электронов по энергиям
13	Вакуум. Критерий Кнудсена
14	Электропроводность плазмы
15	Идеальность плазмы
16	Элементарные процессы в плазме
17	Термоэлектронная эмиссия
18	Автоэлектронная эмиссия
19	Исследование газоразрядной плазмы методом двойных зондов
20	Кинетическое уравнение для электронов в неравновесной идеальной плазме

Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Прикладная физика плазмы** ЭПУ

1. Ионизованный газ и плазма.
2. Исследование газоразрядной плазмы методом одиночного зонда.
3. Задача.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Н.Н. Потрахов

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Основные представления и терминология Методы генерации плазмы	
4		
5		
6		Отчет по лаб. работе
7	Общие свойства плазмы	
8		Отчет по лаб. работе
9	Поведение плазмы в магнитном поле Равновесие и устойчивость плазменных конфигураций. Колебания и волны в плазме	
10		
11		
12		
13		
14	Отчет по лаб. работе	
15	Методы экспериментальной диагностики параметров плазмы	
16		Отчет по лаб. работе
17	Заключение	Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «**Прикладная физика плазмы**» студент обязан выполнить **8** лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После выполнения всех лабораторных работ осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально (**в бригадах до 3 человек**). Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально (**в количестве одного отчета на бригаду**) в соответствии с при-

нятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях,

решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, ноутбук, экран	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, лабораторные стенды и вакуумная установка для изучения плазменных процессов и принципов действия приборов, рабочее место преподавателя, компьютеры.	1) Windows XP и выше; 2) Mathcad 15 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ноутбук, проектор, экран, маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА