МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента науки и инноваций
_____ Р. В. Мещеряков
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная и плазменная электроника

Уровень образования: **высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации**
Направление подготовки / специальность: **11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Вакуумная и плазменная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **физики, Кафедра физики**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	0	18	часов
2	Практические занятия	18	18	36	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	18	54	часов
4	Самостоятельная работа	36	18	54	часов
5	Всего (без экзамена)	72	36	108	часов
6	Подготовка и сдача экзамена	0	36	36	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	144	часов
		2.0	2.0	4.0	З.Е.

Дифференцированный зачет: 4 семестр
Экзамен: 5 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 31.05.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 24687

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 124 от « 8 » 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного 30.07.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. физики _____ А. С. Климов

Заведующий обеспечивающей каф. физики _____ Е. М. Окс

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. физики _____ Е. М. Окс

Эксперты:

Заведующий аспирантурой _____ Т. Ю. Коротина

Заведующий кафедрой физики (физики) _____ Е. М. Окс

Доцент кафедры физики (физики) _____ А. В. Медовник

Согласована на портале № 24687

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Приобретение знаний в области вакуумной и плазменной электроники, включая вопросы электрической изоляции и разряда в вакууме, эмиссионной электроники, физики газового разряда и низкотемпературной плазмы. Организация работы по подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по специальности 05.27.02 - Вакуумная и плазменная электроника в соответствии с Номенклатурой специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России № 59 от 25.02.2009 г.

1.2. Задачи дисциплины

– 1. формирование у аспирантов системы знаний о физических процессах, определяющих и обеспечивающих функционирование устройств вакуумной и плазменной электроники,

– 2. формирование способности вычленять физические явления и процессы, наиболее существенные в электронно-вакуумных и плазменных системах,

– 3. формирование способности строить простейшие физические и математические модели вакуумных и плазменных приборов,

– 4. применение эффективных методы и подходов, материальной и элементной базы для конструирования электронно-вакуумных и газоразрядных приборов и устройств

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Вакуумная и плазменная электроника» (Б1.В.ОД.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Научно-исследовательская деятельность, Основы организации научных исследований, Физические основы электронно-ионно-лучевых и плазменных технологий, Экспериментальные методы в сильноточной электронике, Эмиссионные и электроразрядные явления в вакууме, Вакуумная и плазменная электроника.

Последующими дисциплинами являются: Вакуумная и плазменная электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-3 обладание широкими систематическими знаниями о физических процессах в потоках заряженных частиц, определяющих и обеспечивающих функционирование устройств вакуумной и плазменной электроники и реализацию на их основе новых технологий;

– ПК-4 умение вычленять физические явления и процессы, наиболее существенные в электронно-вакуумных и плазменных системах;

– ПК-5 умение выполнять качественные оценки и количественные расчеты, необходимые для разработки и создания электронно-вакуумных и газоразрядных приборов и устройств, новых технологий на их основе;

– ПК-6 умение выбирать эффективные методы и подходы, материальную и элементную базу для конструирования электронно-вакуумных и газоразрядных приборов и устройств, новых технологий на их основе;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** современное состояние, проблемы и основные направления исследований в области электрической изоляции и разряда в вакууме, эмиссионной электроники, физики газового разряда и низкотемпературной плазмы, физические процессы в потоках заряженных частиц, определяющих и обеспечивающих функционирование устройств вакуумной и плазменной электроники.

– **уметь** 1. вычленять физические явления и процессы, наиболее существенные в электронно-вакуумных и плазменных системах 2. выполнять качественные оценки и количественные расчеты, необходимые для разработки и создания электронно-вакуумных и газоразрядных приборов и устройств, новых технологий на их основе 3. выбирать эффективные методы и подходы, материальную и элементную базу для конструирования электронно-вакуумных и газоразрядных приборов и устройств. 4. объективно оценивать новизну и практическую ценность результатов своей исследовательской деятельности, использовать результатов исследований в инновационных техно-

Согласована на портале № 24687

логиях.

– **владеть** умением постановки конкретных задач исследования в рамках тематики своей диссертационной работы, формулировать выводы и заключения, выбирать наиболее перспективные области применения результатов собственных исследований, умением представления, обсуждения и защиты результатов исследований.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		4 семестр	5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	36	18
Лекции	18	18	
Практические занятия	36	18	18
Самостоятельная работа (всего)	54	36	18
Проработка лекционного материала	12	12	
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	42	24	18
Всего (без экзамена)	108	72	36
Подготовка и сдача экзамена	36		36
Общая трудоемкость, ч	144	72	72
Зачетные Единицы	4.0	2.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр					
1 Физические основы вакуумной электроники	18	18	36	72	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
Итого за семестр	18	18	36	72	
5 семестр					
2 Физика газового разряда и низкотемпературной плазмы	0	18	18	36	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
Итого за семестр	0	18	18	36	
Итого	18	36	54	108	

Согласована на портале № 24687

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Физические основы вакуумной электроники	1.1. Введение. Исторический экскурс в развитие вакуумного разряда и вакуумной изоляции как научного направления. Краткая аннотация курса.1.2. Основные виды эмиссии электронов из конденсированного вещества. 1.3. Термоэлектронная эмиссия. 1.4. Фотоэлектронная эмиссия. к1.5. Вторичная эмиссия. 1.6. Автоэлектронная эмиссия.	12	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
	Электрическая изоляция и пробой в вакууме 2.1. Пробой в вакууме. 2.2. Вакуумный разряд. 2.3. Практическое применение вакуумного разряда.	6	
	Итого	18	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин	
	1	2
Предшествующие дисциплины		
1 Научно-исследовательская деятельность	+	+
2 Основы организации научных исследований	+	+
3 Физические основы электронно-ионно-лучевых и плазменных технологий	+	+
4 Экспериментальные методы в сильноточной электронике	+	+
5 Эмиссионные и электроразрядные явления в вакууме	+	+
6 Вакуумная и плазменная электроника	+	+
Последующие дисциплины		
1 Вакуумная и плазменная электроника	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Согласована на портале № 24687

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Экзамен, Тест, Дифференцированный зачет
ПК-4	+	+	+	Экзамен, Тест, Дифференцированный зачет
ПК-5	+	+	+	Экзамен, Тест, Дифференцированный зачет
ПК-6	+	+	+	Экзамен, Тест, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Физические основы вакуумной электроники	1. Эмиссия электронов из твердого тела.2. Термоэлектронная эмиссия. 3. Фотоэлектронная эмиссия. 4. Вторичная эмиссия. 5. Автоэлектронная эмиссия.	12	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
	1. Пробой в вакууме. 2. Вакуумный разряд. 3. Практическое применение вакуумного разряда	6	
	Итого	18	
Итого за семестр		18	
5 семестр			
2 Физика газового разряда и низкотемпературной плазмы	1. Элементарные и кинетические процессы в плазме газового разряда;2. Стационарные и импульсные разряды в газах;3. Физика низкотемпературной плазмы;4. Общие свойства низкотемпературной плазмы;5. Эмиссионные свойства плазмы;	18	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6
	Итого	18	
Итого за семестр		18	
Итого		36	

Согласована на портале № 24687

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Физические основы вакуумной электроники	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	24	ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-4	Дифференцированный зачет, Тест
	Проработка лекционного материала	12		
	Итого	36		
Итого за семестр		36		
5 семестр				
2 Физика газового разряда и низкотемпературной плазмы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	18	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6	Тест, Экзамен
	Итого	18		
Итого за семестр		18		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		90		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Владимиров Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/38838. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/38838 (дата обращения: 15.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Форвакуумные плазменные источники электронов [Электронный ресурс] : монография / В. А. Бурдовицин [и др.] ; рец.: Н. В. Гаврилов, Н. Н. Коваль ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : Издательство Томского университета, 2014. - 287 с. — Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/115738/Forvakuumnye_plazmennye_istochniki_ehlektronov.pdf. — Загл. с экрана. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/115738/Forvakuumnye_plazmennye_istochniki_ehlektronov.pdf (дата обращения: 15.06.2018).

Согласована на портале № 24687

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Применение форвакуумных плазменных источников электронов для обработки диэлектриков [Электронный ресурс]: монография / А.С. Климов [и др.]. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. – 186, [2] с. — Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/115739/Primenenie_forvakuumnyh_plazmennyh_istochnikov_ehlektronov.pdf. — Загл. с экрана. (Используется для практических занятий) [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/115739/Primenenie_forvakuumnyh_plazmennyh_istochnikov_ehlektronov.pdf (дата обращения: 15.06.2018).
2. Информационные и электронные ресурсы в организации научных исследований: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Покровская Е. М. - 2018. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7289 (дата обращения: 15.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Согласована на портале № 24687

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

Согласована на портале № 24687

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1.Длина свободного пробега электронов по сравнению с ионами в условиях среднего вакуума:

а)больше

б)меньше

в)одинакова

2.При движении в электрическом поле в условиях высокого вакуума:

а)энергия электронов больше, чем ионов

б)энергия ионов больше, чем электронов

в)энергия электронов равна энергии ионов.

3.При увеличении напряжения накала катода величина тока термоэлектрон-ной эмиссии:

а)увеличится

б)уменьшится

в)не изменится

4.Автоэлектронная эмиссия – это испускание твердым телом электронов под действием:

а)падающих на поверхность электронов

б)высокой температуры твердого тела

в)электрического поля

5.Причина, по которой уменьшается высота барьера на границе металл – вакуум:

а)высокая температура

б)сильное электрическое поле

в)воздействие излучения

6. При каком механизме эмиссии не повышается энергия электронов в твердом теле:

а)термоэлектронная

б)автоэлектронная

в)фотоэлектронная

7.В однородном магнитном поле ионы и электроны, влетевшие перпендикулярно силовым линиям магнитного поля движутся по окружности:

а)в одну сторону с одинаковым радиусом

б)в разные стороны с одинаковым радиусом

в)в разные стороны с разными радиусами

8.В однородном магнитном и электрическом поле, силовые линии которых взаимно перпендикулярны, ионы и электроны дрейфуют:

а)в одном направлении с одинаковой скоростью

б)в разных направлениях с одинаковой скоростью

в)в разных направлениях с разными скоростями

9.Иммерсионная линза отличается от одиночной линзы тем, что она:

а)всегда собирающая

б)изменяет энергию пучка электронов

в)имеет большое фокусное расстояние

10.При увеличении энергии электронов фокусное расстояние магнитной линзы:

а)увеличивается

б)уменьшается

в)не зависит от энергии.

11.Масс-спектрометры имеют большой линейный размер для того, чтобы увеличить:

а)порог чувствительности

б)разрешающую способность

в)количество столкновений за время пролета

12.Эффективность ионизации нейтральных атомов ионным пучком по сравнению с элек-

Согласована на портале № 24687

тронным:

а)выше

б)ниже

в)одинакова

13. К неупругим столкновениям второго рода относится:

а)рекомбинация

б)диссоциация

в)возбуждение вращательных уровней

14.Для дугового разряда характерно (по сравнению с тлеющим):

а)высокое давление, малый ток, низкое напряжение

б)низкое давление, малый ток, высокое напряжение

в)высокое давление, высокий ток, низкое напряжение

15.Изотермическая плазма наблюдается:

а)в тлеющем разряде

б)в дуговом разряде

в) в таунсендовском разряде

16.Механизм образования заряженных частиц в тлеющем разряде:

а) термоэмиссия

б) термоионизация

в) ударная ионизация

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Понятие сечений и констант элементарных процессов.

2. Закон сохранения энергии при элементарных процессах. Принцип детального равновесия.

3. Упругие соударения электронов с атомами.

4. Упругие соударения электронов с ионами.

5. Дрейфовое движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда.

6. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (Однополярная диффузия).

7. Диффузионное движение электронов в низкотемпературной плазме газового разряда (амбиполярная диффузия).

8. Виды процессов ионизации и возбуждения.

9. Константы скорости ионизации и возбуждения.

10. Каналы гибели возбужденных частиц в плазме. Удары второго рода.

11. Виды процессов рекомбинации электрона и иона.

12. Несамостоятельный ток при малой концентрации заряженных частиц в газе.

13. Несамостоятельный ток с ионизационным усилением. Вольтамперная характеристика разряда.

14. Коэффициент ударной ионизации и его зависимость от напряженности поля и давления газа.

15. Условие развития самостоятельного разряда. Закон Пашена для пробивных напряжений.

16. Вольтамперная характеристика разряда в газе в общем виде и место различных видов разрядов на вольтамперной характеристике.

17. Импульсный пробой в газе. Время запаздывания при импульсном пробое.

18. Методы наблюдения одиночной лавины.

19. Таунсендовский механизм пробоя.

20. Стримерный механизм пробоя.

21. Пробой сильно перенапряженных промежутков.

22. Импульсные объемные разряды.

23. Механизм перехода от объемного разряда к искровому.

24. Определение дебаевского радиуса, плазменной частоты, плазменного параметра, условий существования плазмы.

25. Виды плазмы, физические принципы классификации.

26. Упругие столкновения в плазме (транспортное сечение), время установления равновес-

Согласована на портале № 24687

ных состояний.

27. Движение заряженных частиц в однородном электрическом и в однородном магнитном поле, неоднородном магнитном поле. Градиентный и центробежный дрейф.

28. Адиабатические инварианты движения заряженных частиц в медленно изменяющемся магнитном поле.

29. Процессы переноса в плазме. Проводимость, теплопроводность, диффузия амбиполярная, диффузия Бомовская.

30. Волны в холодной плазме без магнитного поля. Продольные волны, поперечные волны, эффект «отсечки».

31. Альфвеновские и магнитозвуковые волны.

32. Излучение в плазме. Тормозное излучение, рекомбинационное излучение, линейчатое излучение.

33. Верхнегибридные и нижнегибридные моды колебаний в плазме.

34. Классификация неустойчивостей в плазме. Двухпотоковая неустойчивость.

35. Гравитационная неустойчивость, переход к желобковой неустойчивости.

36. Кинетическое уравнение, самосогласованное поле, уравнение Власова.

37. Продольные волны с позиций уравнения Власова. Затухание Ландау, ионный звук.

38. Поперечные волны с позиций уравнения Власова. Аномальный скин-эффект

39. Решение кинетического уравнения при наличии магнитного поля. Циклотронный резонанс и циклотронное затухание.

40. Z-пинч. Токамак. Физические принципы удержания плазмы.

41. Энергетические принципы устойчивости в магнитной гидродинамике.

42. Физические модели плазмы. Проводящая сплошная среда.

43. Математические модели плазмы. Система уравнений сохранения. Кинетическое уравнение.

44. Численные методы применяемые в физике плазмы.

45. Особенности применения конечно-разностных методов к решению задач физики плазмы.

46. Возможности и пределы применимости метода частиц при решении задач физики плазмы.

47. Условия достаточные для сохранения адиабатической инвариантности.

48. Явление «вмороженности» магнитного поля в плазме.

49. Эффект убегающих электронов в плазме при наличии электрического поля.

50. Оценить плотность кулоновской энергии в плазме.

51. Получить уравнения гидродинамики из кинетического уравнения.

52. Поляризационный дрейф. Магнитное поле постоянно, электрическое поле изменяется во времени.

53. Дрейф в однородном магнитном поле и неоднородном электрическом поле.

54. Кулоновкий логарифм. Определение и физический смысл пределов.

55. Понятие замагниченности заряженных частиц в плазме.

56. Стабилизация «сосисочной» неустойчивости внешним магнитным полем.

57. Диамагнитные свойства плазмы, оценка магнитной восприимчивости.

58. Ионизационное равновесие по Саха.

14.1.3. Вопросы дифференцированного зачета

1. Энергетическая диаграмма на границе твердое тело – вакуум. Уровень Ферми и работа выхода электронов из металла, собственного полупроводника, донорного полупроводника, акцепторного полупроводника.

2. Условие выхода электрона из твердого тела в вакуум. Способы передачи связанному электрону необходимой для эмиссии энергии и виды эмиссии, соответствующие этим способам. Особенности эмиссии при наличии потенциального барьера конечной ширины.

3. Термоэлектронная эмиссия в вакуум из металлов. Формула Ричардсона-Дэшмана.

4. Ток насыщения термокатода. Вольтамперные характеристики вакуумного термоэмиссионного диода.

5. Эффект Шоттки. Влияние электрического поля на термоэлектронную эмиссию.

Согласована на портале № 24687

6. Влияние электрического поля на фотоэлектронную эмиссию.

7. Внешний и внутренний фотоэффект. Фотоэлектронная эмиссия. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Пороговая длина волны (красная граница). Влияние температуры и электрического поля на фотоэлектронную эмиссию.

8. Вторичная электрон–электронная эмиссия (ВЭЭ). Схема экспериментальной установки для исследования ВЭЭ. Функция распределения электронов по энергиям. Истинно вторичные, рассеянные (неупруго отраженные) и упруго отраженные электроны. Характеристические потери упруго отраженных электронов и электроны, эмитированные по механизму Оже.

9. Потенциальная вторичная ионно-электронная эмиссия. Потенциальная энергия на поверхности твердого тела при непосредственной близости иона. Оже–нейтрализация иона. Условие эмиссии электрона при нейтрализации иона.

10. Кинетическая вторичная ионно-электронная эмиссия. Ионно-ионная эмиссия. Катодное распыление. Доля ионов в распыленном материале (уравнение Саха для поверхностной ионизации).

11. Автоэлектронная эмиссия. Формула Фаулера-Нордгейма.

12. Определение параметров автоэлектронных катодов из экспериментальных данных; метод прямых Фаулера-Нордгейма; количественные оценки.

13. Влияние температуры на автоэлектронную эмиссию. Эффект Ноттингама. Температура инверсии.

14. Эмиссия электронов и ионов из плазмы.

15. Вакуумный пробой. Критерий начала пробоя. Катодные и анодные механизмы инициирования пробоя, условия их реализации.

16. Зависимость времени запаздывания пробоя от плотности тока в эмиссионном центре и от напряженности электрического поля на катоде при катодном механизме инициирования пробоя.

17. Плазмообразование в вакуумном промежутке. Взрывная электронная эмиссия. Катодное пятно. Эмиссионные процессы в катодном пятне.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

Согласована на портале № 24687

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 24687