

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика электронных и ионных процессов Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Лучкин А.Г.

Рецензент(ы): Кашапов Н.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Лучкин А.Г. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), AGLuchkin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	готовностью к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов
ПК-9	способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- основные характеристики эмиссионных процессов,
- их взаимосвязь с параметрами твердого тела и облучающих его частиц,
- способы управления указанными характеристиками,
- методы измерения работы выхода;

Должен уметь:

- рассчитать плотность тока термо-, авто- и фотоэлектронной эмиссий,
- оценить степень поверхностной ионизации,
- оценить влияние контактного поля пятен.

Должен владеть:

- по анализу разнообразных электронных и ионных процессов для научно обоснованного выбора соответствующей системы, наиболее подходящей для решения конкретной задачи;
- по исследованию плазмы с использованием современных методов диагностики.

Должен демонстрировать способность и готовность:

Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;

Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств;

Готовность осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов;

Способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций;

Способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики с учетом экономических и экологических требований;

Способность разрабатывать, проводить наладку и испытания и эксплуатировать наукоемкое технологическое оборудование;

Готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ;

Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства, составлять необходимый комплект технической документации;

Готовность применять методы анализа вариантов проектных, конструкторских и технологических решений, разработки и поиска компромиссных решений

Способность владеть приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда, способность оценивать затраты и результаты деятельности научно-производственного коллектива;

Способность находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности;

Готовность управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию;

Готовность принимать непосредственное участие в учебной и учебно-методической работе кафедр и других учебных подразделений по профилю направления, участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов

Способность проводить учебные занятия, лабораторные работы, обеспечивать практическую и научно-исследовательскую работу обучающихся;

Способность применять и разрабатывать новые образовательные технологии;

Готовность и способность применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий;

Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов;

Готовность к участию в организации и проведении инновационного образовательного процесса;

Готовность к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 86 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 50 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 67 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Основы физики электронной теории твердого тела. Термоэлектронная эмиссия.	7	8	10	0	12
2.	Тема 2. Автоэлектронная эмиссия. Взрывная эмиссия электронов. Фотоэлектронная эмиссия.	7	8	10	0	18
3.	Тема 3. Эмиссия "горячих" электронов. Экзоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия.	7	8	10	0	15

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Поверхностная ионизация. Ионно-электронная эмиссия.	7	8	10	0	12
5.	Тема 5. Вторичная ион-ионная эмиссия. Катодное распыление.	7	4	10	0	10
	Итого		36	50	0	67

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Основы физики электронной теории твердого тела. Термоэлектронная эмиссия.

Тема 1. Введение. Предмет изучения. Развитие физики электронных и ионных процессов как науки.

Тема 2. Основы физики электронной теории твердого тела. Основы зонной теории твердого тела. Энергетические зоны. Приближение квазисвободных электронов. Распределение электронов по энергиям в металлах. Невырожденный и сильно вырожденный электронный газ. Контактная разность потенциалов. Особые электронные состояния в кристаллах: поверхностные состояния, F- и V- центры, ловушки, экситоны, плазмоны.

Тема 3. Термоэлектронная эмиссия. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Термоэлектронная работа выхода. Зависимость работы выхода от температуры. Влияние электрического поля на термоэмиссию (эффект Шоттки). Распределение термоэлектронов по скоростям. Электронное охлаждение термокатода. Особенности термоэлектронной эмиссии полупроводниковых материалов. Влияние электрического поля на термоэмиссию полупроводников. Вольтамперная характеристика диода с термокатодом. Методы измерения работы выхода. Поля контактной разности потенциалов (поля "пятен"). Термоэмиссионные характеристики поли- и монокристаллов. Термоэлектронные катоды. Термоэлектронная эмиссия вольфрама в парах цезия. Особенности термоэлектронной эмиссии некоторых материалов. Термоэмиссионные преобразователи (ТЭП). Вакуумные ТЭП и ТЭП с цезиевым наполнением.

Тема 2. Автоэлектронная эмиссия. Взрывная эмиссия электронов. Фотоэлектронная эмиссия.

Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Уравнение Фаулера-Нордгейма. Термоавтоэлектронная эмиссия. Распределение по энергиям автоэлектронов. Калориметрический эффект Ноттингама. Автоэлектронная эмиссия из полупроводников. Ее особенности. О пределах применимости формулы Фаулера-Нордгейма. Физические особенности автоэлектронных катодов. Автоэлектронный проектор Мюллера. Сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 5. Взрывная эмиссия электронов. Основы физики явления. Эрозия катода. Характеристики и применение взрывоэмиссионных катодов. Физические различия явлений автоэлектронной и взрывной эмиссии.

Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы и характеристики фотоэффекта. Теория Фаулера. Закономерности фотоэмиссии металлов. Основы квантово-механической теории фотовозбуждения электронов. Особенности фотоэлектронной эмиссии из полупроводников. Многофотонный фотоэффект. Фотоэлектронная эмиссия из диэлектриков. Эффективные фотокатоды. Фотокатоды с отрицательным электронным средством. О деградации свойств фотокатодов. Трехступенная модель фотоэмиссии. Применение трехступенной модели.

Тема 3. Эмиссия "горячих" электронов. Экзоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия.

Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Понятие горячих электронов. О методах теоретического исследования горячих электронов. Эмиттеры горячих электронов на основе p-n переходов. Эмиссия электронов из структур металл-диэлектрик-металл и полупроводник-металл. Эмиссия электронов из диспергированных металлических пленок.

Тема 8. Экзоэлектронная эмиссия. Общие понятия. Разновидности экзоэмиссии. О физике экзоэмиссии.

Тема 9. Вторичная электронная эмиссия. Основные характеристики явления. Спектр энергий вторичных электронов. Закономерности упруго отраженных электронов. Закономерности не упруго отраженных электронов. Основы теории рассеяния электронов на атомах. Закон торможения первичных электронов. Закономерности истинно-вторичных электронов. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Эмиттеры вторичных электронов с отрицательным электронным средством. Малтеровская эмиссия электронов. Управляемая вторичная электронная эмиссия.

Тема 4. Поверхностная ионизация. Ионно-электронная эмиссия.

Тема 10. Поверхностная ионизация. Основные характеристики явления. Термодинамический вывод уравнения Саха-Ленгмюра. Статистическая теория поверхностной ионизации. Ионизация атомов щелочных металлов на поверхности вольфрама. Температурные пороги явления. Отрицательная поверхностная ионизация. Влияние электрического поля на поверхностную ионизацию. Поверхностная ионизация в сильных полях. Ионный проектор Мюллера. Десорбция полем и испарение полем. Полевой ионный микроскоп с атомным зондом.

Тема 11. Ионно-электронная эмиссия. Основы взаимодействия ионов с поверхностью. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Основы теории явления.

Тема 5. Вторичная ион-ионная эмиссия. Катодное распыление.

Тема 12. Вторичная ион-ионная эмиссия. Основные характеристики явления. Рассеяние первичных ионов поверхностью. Спектроскопия поверхности медленными ионами.

Тема 13. Катодное распыление. Основные характеристики явления. Методы измерения коэффициента катодного распыления. Основы физики распыления. Классификация типов ионного распыления: режим линейных каскадов, режим тепловых пиков. Особенности распыления монокристаллов. Пятна Венеры. Фокусоны. Каналирование и блокирование ионов в кристаллах. Основы физики ионной имплантации. Аморфизация поверхности.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 7			
	Текущий контроль		
1	Устный опрос	ПК-9 , ПК-1	1. Введение. Основы физики электронной теории твердого тела. Термоэлектронная эмиссия.
2	Письменная работа	ПК-9 , ПК-1	2. Автоэлектронная эмиссия. Взрывная эмиссия электронов. Фотоэлектронная эмиссия. 3. Эмиссия "горячих" электронов. Экзоэлектронная эмиссия. Вторичная электронная эмиссия.
3	Устный опрос	ПК-1 , ПК-9	4. Поверхностная ионизация. Ионно-электронная эмиссия.
4	Письменная работа	ПК-1 , ПК-9	5. Вторичная ион-ионная эмиссия. Катодное распыление.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	Экзамен	ПК-1, ПК-9	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 7					
Текущий контроль					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 3
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2 4

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебного-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 7

Текущий контроль

1. Устный опрос

Тема 1

1. Приведите примеры электронных и ионных процессов.
2. Основные положения зонной теории твердого тела.
3. Перечислите энергетические зоны.
4. В чем заключается приближение квазисвободных электронов?
5. Какова зависимость работы выхода электрона от температуры?
6. Что такое уровень Ферми?
7. В чем заключается основной закон термоэлектронной эмиссии?
8. Что такое сдвиг Шоттки и от чего он зависит?
9. В чем отличие термоэмиссии полупроводников?
10. Приведите примеры термоэлектронных катодов.

2. Письменная работа

Темы 2, 3

1. Уравнение Фаулера-Нордгейма. Вывод и применение.
2. Термоавтоэлектронная эмиссия. Описание и характеристики процесса.
3. Распределение по энергиям автоэлектронов.
4. Калориметрический эффект Ноттингама.
5. Автоэлектронная эмиссия из полупроводников.
6. Особенности и пределы применимости формулы Фаулера-Нордгейма.
7. Перечислить физические особенности автоэлектронных катодов.
8. Описать принцип работы и структуру автоэлектронного проектора Мюллера.
9. В чем заключаются физические различия явлений автоэлектронной и взрывной эмиссии?
10. Привести примеры применения трехступенной модели фотоэмиссии.

3. Устный опрос

Тема 4

1. Какие электроны называются "горячими"?
2. Привести примеры эмиттеров горячих электронов на основе p-n переходов.
3. Описать разновидности экзоэмиссии.
4. В чем заключается принцип экзоэмиссии?
5. Каковы закономерности упруго отраженных электронов и не упруго отраженных электронов?
6. Принципы управления вторичной электронной эмиссией.
7. Опишите основные зависимости вторично эмиттированных электронов.
8. Приведите примеры применения эмиттеров горячих электронов.
9. Приведите примеры применения вторичной электронной эмиссии.
10. Какие электроны называются истинно вторичными?

4. Письменная работа

Тема 5

1. Термодинамический вывод уравнения Саха-Ленгмюра.
2. Статистическая теория поверхностной ионизации. Основные положения
3. Ионизация атомов щелочных металлов на поверхности вольфрама. Приведите несколько примеров.
4. Температурные пороги поверхностной ионизации.
5. Основы взаимодействия ионов с поверхностью.
6. Кинетическая ионно-электронная эмиссия.
7. Основные характеристики вторичной ион-ионной эмиссии.
8. Рассеяние первичных ионов поверхностью.
9. Методы измерения коэффициента катодного распыления.
10. Основы физики распыления.
11. Классификация типов ионного распыления: режим линейных каскадов, режим тепловых пиков.
12. Особенности распыления монокристаллов.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Экзаменационные вопросы

1. Развитие физики электронных и ионных процессов как науки.
2. Основы физики электронной теории твердого тела. Основы зонной теории твердого тела. Энергетические зоны. Приближение квазисвободных электронов.
3. Распределение электронов по энергиям в металлах. Невырожденный и сильно вырожденный электронный газ.
4. Контактная разность потенциалов. Особые электронные состояния в кристаллах: поверхностные состояния, F- и V- центры, ловушки, экситоны, плазмоны.
5. Основное уравнение термоэлектронной эмиссии. Термоэлектронная работа выхода.
6. Зависимость работы выхода от температуры. Влияние электрического поля на термоэмиссию (эффект Шоттки).
7. Распределение термоэлектронов по скоростям. Электронное охлаждение термокатода.
8. Особенности термоэлектронной эмиссии полупроводниковых материалов.
9. Влияние электрического поля на термоэмиссию полупроводников. Вольтамперная характеристика диода с термокатодом.
10. Методы измерения работы выхода. Поля контактной разности потенциалов (поля "пятен").
11. Термоэмиссионные характеристики поли- и монокристаллов. Термоэлектронные катоды.
12. Термоэлектронная эмиссия вольфрама в парах цезия. Особенности термоэлектронной эмиссии некоторых материалов.
13. Термоэмиссионные преобразователи (ТЭП). Вакуумные ТЭП и ТЭП с цезиевым наполнением.
14. Автоэлектронная эмиссия. Уравнение Фаулера-Нордгейма. Термоавтоэлектронная эмиссия.
15. Распределение по энергиям автоэлектронов. Калориметрический эффект Ноттингама.
16. Автоэлектронная эмиссия из полупроводников. Ее особенности.
17. О пределах применимости формулы Фаулера-Нордгейма. Физические особенности автоэлектронных катодов.
18. Автоэлектронный проектор Мюллера. Сканирующий туннельный микроскоп.
19. Взрывная эмиссия электронов. Основы физики явления.
20. Эрозия катода.
21. Характеристики и применение взрывоэмиссионных катодов.
22. Физические различия явлений автоэлектронной и взрывной эмиссии.
23. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы и характеристики фотоэффекта.
24. Теория Фаулера. Закономерности фотоэмиссии металлов.
25. Основы квантово-механической теории фотовозбуждения электронов. Особенности фотоэлектронной эмиссии из полупроводников.
26. Многофотонный фотоэффект. Фотоэлектронная эмиссия из диэлектриков.
27. Эффективные фотокатоды. Фотокатоды с отрицательным электронным сродством.

28. О деградации свойств фотокатодов. Трехступенная модель фотоэмиссии. Применение трехступенной модели.
29. Эмиссия "горячих" электронов. Понятие горячих электронов. О методах теоретического исследования горячих электронов.
30. Эмиттеры горячих электронов на основе p-n переходов. Эмиссия электронов из структур металл-диэлектрик-металл и полупроводник-металл.
31. Эмиссия электронов из диспергированных металлических пленок.
32. Экзоэлектронная эмиссия. Общие понятия. Разновидности экзоэмиссии. О физике экзоэмиссии.
33. Вторичная электронная эмиссия. Основные характеристики явления. Спектр энергий вторичных электронов.
34. Закономерности упруго отраженных электронов. Закономерности не упруго отраженных электронов.
35. Основы теории рассеяния электронов на атомах. Закон торможения первичных электронов.
36. Закономерности истинно-вторичных электронов. Эффективные эмиттеры вторичных электронов. Эмиттеры вторичных электронов с отрицательным электронным сродством.
37. Малтеровская эмиссия электронов. Управляемая вторичная электронная эмиссия.
38. Поверхностная ионизация. Основные характеристики явления. Термодинамический вывод уравнения Саха-Ленгмюра.
39. Статистическая теория поверхностной ионизации. Ионизация атомов щелочных металлов на поверхности вольфрама. Температурные пороги явления.
40. Отрицательная поверхностная ионизация. Влияние электрического поля на поверхностную ионизацию.
41. Поверхностная ионизация в сильных полях. Ионный проектор Мюллера.
42. Десорбция полем и испарение полем. Полевой ионный микроскоп с атомным зондом.
43. Ионно-электронная эмиссия. Основы взаимодействия ионов с поверхностью.
44. Потенциальная ионно-электронная эмиссия. Кинетическая ионно-электронная эмиссия. Основы теории явления.
45. Вторичная ион-ионная эмиссия. Основные характеристики явления. Рассеяние первичных ионов поверхностью. Спектроскопия поверхности медленными ионами.
46. Катодное распыление. Основные характеристики явления. Методы измерения коэффициента катодного распыления. Основы физики распыления. Классификация типов ионного распыления: режим линейных каскадов, режим тепловых пиков.
47. Особенности распыления монокристаллов. Пятна Венеры. Фокусоны. Каналирование и блокирование ионов в кристаллах. Основы физики ионной имплантации. Аморфизация поверхности.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 7			
Текущий контроль			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10
		3	10
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	15
		4	15

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Григорьев, Ю.М. Физика атома и атомных явлений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Григорьев, И.С. Кычкин. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2015. ? 368 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71978>. ? Загл. с экрана.
2. Матухин, В.Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2010. ? 224 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>. ? Загл. с экрана.
3. Тимофеев, И.А. Электротехнические материалы и изделия [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Тимофеев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2012. ? 272 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3733>. ? Загл. с экрана.
4. Бриндли, К. Карманный справочник инженера электронной техники [Электронный ресурс] : справочник / К. Бриндли, Д. Карр. ? Электрон. дан. ? Москва : ДМК Пресс, 2010. ? 480 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61020>. ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

- Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2011. ? 784 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5258>. ? Загл. с экрана.
- Смирнов, Ю.А. Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2013. ? 320 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5855>. ? Загл. с экрана.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Википедия -

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%

Национальный открытый университет - <http://www.intuit.ru>

НОЦ Плазма - <http://www.plasma.karelia.ru>

Сайт Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН - <http://www.itam.nsc.ru/>

Сайт Объединенного института высоких температур - http://jiht.ru/science/topics/topic3_2.php

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом, решение задач по алгоритму и др. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. При подготовке к практическим занятиям необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить соответствующую литературу; - иллюстрировать теоретические положения самостоятельно подобранными примерами; - разобрать примеры решения типовых задач (приводятся в методических указаниях); <p>При выполнении практических работ студент пользуется справочной литературой и вычислительной техникой.</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебно- исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам.</p> <p>Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы.</p> <p>Самостоятельная работа студентов проводится с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений; - углубления и расширения теоретических знаний; - формирования умений использовать справочную литературу; - развития познавательных и творческих способностей студентов; - формирования самостоятельности мышления; - развития исследовательских умений. <p>Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить рекомендуемые литературные источники; - изучить основные понятия и определения; - решить предложенные задачи; - ответить на контрольные вопросы. <p>В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя); - внеаудиторная (самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия). <p>Основными видами внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подготовка к лекционным занятиям; - индивидуальные домашние задания; - подготовка к лабораторным и практическим занятиям; - подготовка к зачету и экзамену.
устный опрос	<p>Устный опрос проводится в часы аудиторной работы. Устный опрос нацелен на экспресс-проверку остаточных знаний. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. Подготовку к устному опросу проводить с использованием конспектов и литературных источников.</p>
письменная работа	<p>Письменная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдается преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. Подготовку к письменной работе проводить с использованием конспектов и литературных источников.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Залогом успешной сдачи зачетов, экзаменов являются систематические занятия в течение семестра. Однако необходима и специальная работа в период сессии.</p> <p>Задачи студента - это повторение, обобщение и систематизация изученного материала. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>Сначала следует внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы.</p> <p>Повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций, результаты практических и лабораторных занятий.</p> <p>Установите четкий ритм работы и режим дня. Разумно чередуйте труд и отдых, питание, нормальный сон и пребывание на свежем воздухе.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Физика электронных и ионных процессов" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Физика электронных и ионных процессов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .