

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



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

**Автор(ы):**

Лучкин А.Г.

**Рецензент(ы):**

Кашапов Н.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 868127618

Казань

2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина 'Физика электронных и ионных процессов' относится к основной части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на знаниях о эмиссионных процессах, сопровождающих термический нагрев твердых тел, о пропускание электрического тока по ним, создание у их поверхности сильных электрических полей, а также облучение твердых тел фотонами, электронами и атомными частицами. Курс опирается на знания по курсам 'Электричество и магнетизм', 'Оптика', 'Атомная физика', 'Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика', 'Квантовая теория поля'. Основу методики изучения курса составляют лекции и беседы с преподавателями.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ДВ.8 Профессиональный' основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Курс 'Физика электронных и ионных процессов' излагается в первом семестре четвертого года обучения бакалавриата. Знания, полученные студентами при изучении таких курсов как 'Электричество и магнетизм', 'Оптика', 'Атомная физика', 'Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика', 'Квантовая теория поля' обеспечивают данную дисциплину. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, выбору объектов исследования в связи с их свойствами при решении научных и научно-прикладных проблем, связанных с подготовкой бакалаврской диссертации.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

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

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

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

2. должен уметь:

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

3. 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.

4. 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.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Тема 1. Введение. Тема 2. Основы физики электронной теории твёрдого тела. Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.	7	1-4	8	10	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Тема 5. Взрывная эмиссия электронов. Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия.	7	5-7	8	10	0	Письменная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Тема 8. Экзоэлектронная эмиссия. Тема 9. Вторичная электронная эмиссия.	7	7-12	10	15	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Тема 10. Поверхностная ионизация. Тема 11. Ионно-электронная эмиссия. Тема 12. Вторичная ион-ионная эмиссия. Тема 13. Катодное распыление.	7	13-18	10	15	0	Письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	50	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Тема 1. Введение. Тема 2. Основы физики электронной теории твердого тела.**

**Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

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.

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

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. 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.

**Тема 2. Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Тема 5. Взрывная эмиссия электронов. Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Уравнение Фаулера-Нордгейма. Термоавтоэлектронная эмиссия. Распределение по энергиям автоэлектронов. Калориметрический эффект Ноттинггама. 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.

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

Уравнение Фаулера-Нордгейма. Термоавтоэлектронная эмиссия. Распределение по энергиям автоэлектронов. Калориметрический эффект Ноттинггама. Автоэлектронная эмиссия из полупроводников. Эрозия катода. Характеристики и применение взрывоэмиссионных катодов. 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.

**Тема 3. Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Тема 8. Экзоэлектронная эмиссия. Тема 9. Вторичная электронная эмиссия.**

**лекционное занятие (10 часа(ов)):**

Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Понятие горячих электронов. О методах теоретического исследования горячих электронов. Эмиттеры горячих электронов на основе р-п 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.

**практическое занятие (15 часа(ов)):**

. Эмиттеры горячих электронов на основе р-п переходов. Эмиссия электронов из структур металл-диэлектрик-металл и полупроводник-металл. Эмиссия электронов из диспергированных металлических пленок.

**Тема 4. Тема 10. Поверхностная ионизация. Тема 11. Ионно-электронная эмиссия. Тема 12. Вторичная ион-ионная эмиссия. Тема 13. Катодное распыление.**

**лекционное занятие (10 часа(ов)):**

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 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 Венера. Фокусоны. Каналирование и блокирование ионов в кристаллах. . Основы физики ионной имплантации. Аморфизация поверхности.

**практическое занятие (15 часа(ов)):**

Спектр энергий вторичных электронов. Закономерности упруго отраженных электронов. Закономерности не упруго отраженных электронов. Основы теории рассеяния электронов на атомах. Закон торможения первичных электронов.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Тема 1. Введение. Тема 2. Основы физики электронной теории твердого тела. Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.	7	1-4	подготовка к устному опросу	12	Устный опрос
2.	Тема 2. Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Тема 5. Взрывная эмиссия электронов. Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия.	7	5-7	подготовка к письменной работе	16	Письменная работа
3.	Тема 3. Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Тема 8. Экзоэлектронная эмиссия. Тема 9. Вторичная электронная эмиссия.	7	7-12	подготовка к устному опросу	14	Устный опрос
4.	Тема 4. Тема 10. Поверхностная ионизация. Тема 11. Ионно-электронная эмиссия. Тема 12. Вторичная ион-ионная эмиссия. Тема 13. Катодное распыление.	7	13-18	подготовка к письменной работе	16	Письменная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
	Итого				58	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции и семинарские занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия дополняются лабораторными работами, что позволяет студентам пронаблюдать и проанализировать изучаемые явления.

Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, также позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию.

Материалы курса лекций, список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Инженерного института.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. Тема 1. Введение. Тема 2. Основы физики электронной теории твердого тела. Тема 3. Термоэлектронная эмиссия.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Приведите примеры электронных и ионных процессов. Основные положения зонной теории твердого тела. Перечислите энергетические зоны. В чем заключается приближение квазисвободных электронов? Какова зависимость работы выхода электрона от температуры?

**Тема 2. Тема 4. Автоэлектронная эмиссия. Тема 5. Взрывная эмиссия электронов. Тема 6. Фотоэлектронная эмиссия.**

Письменная работа , примерные вопросы:

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.

**Тема 3. Тема 7. Эмиссия "горячих" электронов. Тема 8. Экзоэлектронная эмиссия. Тема 9. Вторичная электронная эмиссия.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Какие электроны называются горячими? Привести примеры эмиттеров горячих электронов на основе p-n переходов. Описать разновидности экзоэмиссии. Каковы закономерности упруго отраженных электронов и не упруго отраженных электронов? Принципы управления вторичной электронной эмиссией.

**Тема 4. Тема 10. Поверхностная ионизация. Тема 11. Ионно-электронная эмиссия. Тема 12. Вторичная ион-ионная эмиссия. Тема 13. Катодное распыление.**

Письменная работа , примерные вопросы:

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.

### **Итоговая форма контроля**

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные экзаменационные билеты

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 Ноттинггама.
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 средством.
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 р-п 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 средством.
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 Венера. Фокусоны. Каналирование и блокирование ионов в кристаллах. Основы физики ионной имплантации. Аморфизация поверхности.

### 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.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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 студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

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, audi, 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Аудитория, оборудованная мультимедийным проектором для проведения семинаров.

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

Автор(ы):

Лучкин А.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кашапов Н.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.