

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Физика поверхности

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
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 (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Усеинов Н.Х. (Кафедра общей физики, Отделение физики), Niazbeck.Useinov@kpfu.ru

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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
ПК-2	Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- физико-химические модели поверхности, закономерности физико-химических процессов на поверхности;
- химический состав и структуру поверхности, поверхностные свойства: движение электронов и атомов, адсорбцию атомов и молекул.

Должен уметь:

- на основе результатов теоретического и экспериментального моделирования разработать план технологического процесса получения и исследования поверхности различных материалов;
- выбирать и использовать методы анализа материалов поверхности;
- определять конкретную профессиональную задачу, собирать необходимую исходную информацию в периодической литературе, и на основе анализа сформулировать последовательность решения задачи.

Должен владеть:

- методами поиска информации;
- актуальной информацией о технологиях и методах исследования поверхности.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа профессиональных проблем различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического и химического эксперимента.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.01.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника (Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и наноэлектронной техники)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

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 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 106 часа(ов), в том числе лекции - 50 часа(ов), практические занятия - 30 часа(ов), лабораторные работы - 26 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 74 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре; экзамен в 6 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. Структура курса. Краткие исторические сведения	5	2	0	0	4
2.	Тема 2. Исследование химического состава поверхности	5	2	2	0	4
3.	Тема 3. Применение объемных методов к исследованию поверхности	5	2	2	0	4
4.	Тема 4. Структура поверхности.	5	2	2	0	4
5.	Тема 5. Теоретические расчеты кристаллографии поверхности	5	2	2	0	4
6.	Тема 6. Поверхностные свойства: движение электронов	5	2	2	0	4
7.	Тема 7. Оптические свойства поверхности	5	2	2	0	4
8.	Тема 8. Поверхностные свойства: движение атомов	6	2	0	2	2
9.	Тема 9. Поверхностные свойства: адсорбция атомов	6	2	2	2	2
10.	Тема 10. Поверхностные свойства: адсорбция молекул	6	2	0	0	2
11.	Тема 11. Экспериментальные методы исследования поверхности	6	2	2	2	2
12.	Тема 12. Экспериментальные исследования структуры и свойств поверхности твердых тел и межфазных границ	6	2	0	2	2
13.	Тема 13. Природа атомарно-чистых поверхностей твердого тела	6	2	2	0	2
14.	Тема 14. Природа реальных поверхностей и межфазных границ	6	2	0	2	2
15.	Тема 15. Взаимодействие поверхности с газами и парами	6	2	2	2	2
16.	Тема 16. Взаимосвязь электронных, атомных и молекулярных процессов на поверхности	6	2	0	0	2
17.	Тема 17. Выбор физической модели поверхности. Зондовая микроскопия и спектроскопия поверхности.	6	2	2	2	2
18.	Тема 18. Область пространственного заряда поверхности в термодинамическом равновесии. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия поверхности.	6	2	0	2	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
19.	Тема 19. Геометрические и физические характеристики области пространственного заряда поверхности. Мессбауэровская спектроскопия поверхности.	6	2	2	0	2
20.	Тема 20. Электрофизические характеристики областей пространственного заряда поверхности. Мессбауэровская спектроскопия приповерхностных слоёв на конверсионных электронах.	6	2	0	2	4
21.	Тема 21. Область пространственного заряда поверхности в неравновесных условиях. Нанопрофилометрия морфология поверхности.	6	2	2	2	4
22.	Тема 22. Поверхностная фотоэдс при квазировании в область пространственного заряда	6	2	0	0	4
23.	Тема 23. Электрофизические размерные эффект. Эллипсометрия ультратонких плёнок.	6	2	2	2	4
24.	Тема 24. Процессы электронного переноса в областях пространственного заряда и тонких плёнках.	6	2	0	2	4
25.	Тема 25. Происхождение и общие свойства электронных поверхностных состояний. Сканирующая электронная микроскопия поверхности	6	2	2	2	2
	Итого		50	30	26	74

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Структура курса. Краткие исторические сведения

Предмет физики поверхности. Исторические сведения о исследовании и изучении физики поверхности. Феноменологический подход к исследованию поверхности. Термоионная эмиссия. Выращивание кристаллов. Химические реакции. Катализ. Коллоиды. Полупроводниковая граница раздела. Хрупкий излом. Обзор методов, необходимых для достижения сверхвысокого вакуума.

Тема 2. Исследование химического состава поверхности

Специфические поверхностные методы. Фотоэлектронная спектроскопия. Оже-электронная спектроскопия (ОЭС). Сканирующая Оже-микроскопия (СОМ). Количественный анализ с помощью ОЭС и РФЭС. Вторично-ионная масс-спектроскопия (ВИМС). Количественный анализ с помощью ВИМС. Сравнение ВИМС, Оже- и РФЭС-микроскопии. Послойное травление. Атомный зонд.

Тема 3. Применение объемных методов к исследованию поверхности

Растворы. Волюметрия (объемный анализ). Спектрофотометрия (колориметрия). Полярграфия. Пламенная спектроскопия. Твердые тела. Квадрупольный масс-спектрометр. Рентгеновская спектроскопия. Установки для изучения эффект Холла, квантового эффект Холла, осцилляции Шубникова? де Хааза. Магнитофононный резонанс.

Тема 4. Структура поверхности.

Объемные методы для структурного анализа. Поверхностные методы, использующие электроны. Электронная микроскопия медленных электронов (ЭММЭ). Рентгеновская дифракция при скользящем падении лучей. Полевая ионная микроскопия (ПИМ). Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ). Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением. Поверхностная протяженная тонкая структура рентгеновских спектров поглощения.

Тема 5. Теоретические расчеты кристаллографии поверхности

Теоретические расчёты кристаллографии поверхности. Методика расчёта поверхностной энергии. Расчёта поверхностной энергии металлов в рамках модели "желе". Учёт влияния дискретности кристаллической решётке на величину поверхностной энергии. Об энергетическом спектре неупорядоченных систем. Некоторые примеры поверхностных структур. Адсорбаты. Состав и структура поверхности.

Тема 6. Поверхностные свойства: движение электронов

Некоторые теоретические подходы. Контактный потенциал и работа выхода. Методика расчёта работы выхода электрона с поверхностью металлов. Применение потенциала Хейне-Абаренкова при расчётах поверхностных характеристик металлов. Измерение работы выхода. Поверхностные состояния и искривление зон. Плазмоны. Спектроскопия одиночных атомов и СТМ.

Тема 7. Оптические свойства поверхности

Комплексный показатель преломления. Классификация твердотельных сред по комплексному показателю преломления. Влияние поляризации излучения. Граничные условия поля излучения. Спектральные характеристики излучения поверхности. Закон Кирхгофа для поверхности. Спектральная зависимость оптических свойств твердых тел. Основные типы взаимодействующих частиц - носителей поглощения. Взаимосвязь оптических констант. Интеграл Крамерса-Кронига. Классы материалов по спектральным характеристикам. Оптические свойства твердотельных структур. Оптические свойства и фотопроводимость полупроводников. Спектральная зависимость фотопроводимости. Ближнеполюсная оптическая микроскопия.

Тема 8. Поверхностные свойства: движение атомов

Особенности химической связи с твердым телом. "Поверхностное соединение". Влияние электронной структуры. Полуэмпирическая модель Хигучи. Расположение адатомов на поверхности. О модели попарного взаимодействия. Энергия связи адатомов с поверхностью. Поверхностная динамика решетки. Поверхностная диффузия. Поверхностное плавление. Свойства поверхностной фазы. Генезис поверхности. Регибридизация химических связей. Динамика поверхности. Тепловые колебания поверхностных атомов. Поверхностное плавление.

Тема 9. Поверхностные свойства: адсорбция атомов

Кинетика адсорбции. Основы термодинамики поверхности. Адсорбционные процессы. Теория хемосорбции. Экспериментальное наблюдение хемосорбции. Кинетика адсорбции. Теория Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Физическая и химическая адсорбция. Силы, приводящие к физической адсорбции. Химическая связь. Заселённость перекрывания.

Тема 10. Поверхностные свойства: адсорбция молекул

Поверхностная сегрегация. Эпитаксиальные процессы. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Химическая связь. Метод молекулярных орбиталей. Метод валентных связей. Структура адсорбированных слоев. Изменение работы выхода. Дипольная модель.

Модель однородного фона Лэнга. Оптимальная концентрация адсорбата.

Поверхностная диффузия. Диффузия одиночных частиц. Анизотропия поверхностной диффузии. Туннельный механизм поверхностной диффузии.

Тема 11. Экспериментальные методы исследования поверхности

Техника сканирующей зондовой микроскопии. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Формирование и обработка СЗМ изображений. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия.

Тема 12. Экспериментальные исследования структуры и свойств поверхности твердых тел и межфазных границ

Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств. Методы получения атомарно-чистой поверхности твердого тела. Стандартизация условий приготовления реальной поверхности. Морфология поверхности. Микроскопические исследования. Рассеяние ионов на поверхности. Оптические исследования. Структура поверхности. Данные дифракции электронов. Дифракция атомов, молекул и фотонов. Структурный анализ аморфных поверхностей.

Тема 13. Природа атомарно-чистых поверхностей твердого тела

Свойства поверхностной фазы. Регибридизация химических связей. Динамика поверхности. Тепловые колебания поверхностных атомов. Поверхностное плавление. Электронные свойства. Фотоэлектронная спектроскопия. Экспериментальные данные и модель энергетического спектра поверхностных электронных состояний. Оксидные пленки на поверхности. Структура пленок. Свободные поверхности оксидов.

Тема 14. Природа реальных поверхностей и межфазных границ

Межфазные границы. Электронная структура слоистых систем полупроводник-оксид. Дефекты и электронные локализованные состояния слоистых систем. Локализованные состояния в оксидных пленках. Медленные электронные состояния межфазной границы. Быстрые электронные состояния. Рекомбинационные состояния. Граница раздела между двумя твердыми фазами.

Тема 15. Взаимодействие поверхности с газами и парами

Адсорбционные взаимодействия. Физическая и химическая адсорбция.

Статистико-термодинамическое описание адсорбционного равновесия.

Термодинамика адсорбции. Методы статистической механики. Механизмы адсорбции. Особенности адсорбционных процессов в микро- и наноструктурах. Размерные эффекты. Фазовые переходы.

Тема 16. Взаимосвязь электронных, атомных и молекулярных процессов на поверхности

Электронное и адсорбционное равновесие. Образование локализованных электронных состояний при адсорбции. Возбужденные состояния в поверхностной фазе. Электроника поверхности и возбуждение адсорбированных молекул. Протонные процессы. Динамика поверхностных процессов. Кинетика адсорбции и заряжения поверхности. Динамика десорбции молекул. Поверхностная диффузия.

Тема 17. Выбор физической модели поверхности. Зондовая микроскопия и спектроскопия поверхности.

Поверхностные электронные состояния. Геометрическая и структурная неоднородность. Химическая неоднородность. Неоднородность электронных свойств. Возникновение областей пространственного заряда в ограниченных кристаллах. Модельные представления потенциала на поверхности. Поверхностные состояния. Метод ЛКАО. Поверхностные состояния Шокли. Поверхностные состояния. Приближение почти свободных электронов.

Тема 18. Область пространственного заряда поверхности в термодинамическом равновесии.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия поверхности.

Основное уравнение областей пространственного заряда (ОПЗ). Электрическое поле в ОПЗ и на границе раздела. Электростатическое экранирование свободными носителями заряда. Экранирование локализованными носителями заряда. Статистико-термодинамическое описание адсорбционного равновесия. Термодинамика адсорбции. Метод Гиббса и метод конечного слоя. Методы статистической механики.

Поверхностная энергия твердого тела.

Тема 19. Геометрические и физические характеристики области пространственного заряда поверхности.

Мессбауэровская спектроскопия поверхности.

Типы областей пространственного заряда. Общее соотношение. Сильное обогащение и сильная инверсия. Слой истощения. Численное решение уравнений областей пространственного заряда. Поверхностные избытки носителей заряда. Полный заряд области пространственного заряда. Дифференциальная емкость области пространственного заряда.

Тема 20. Электрофизические характеристики областей пространственного заряда поверхности.

Мессбауэровская спектроскопия приповерхностных слоёв на конверсионных электронах.

Поверхностные избытки носителей заряда. Полный заряд областей пространственного заряда. Дифференциальная емкость областей пространственного заряда. Область пространственного заряда в неравновесных условиях. Представление о квазиравновесии. Квазиравновесие в ОПЗ. Основное уравнение. Уровни инжекции и квазиуровни Ферми.

Тема 21. Область пространственного заряда поверхности в неравновесных условиях.

Нанопротофилометрия морфология поверхности.

Представление о квазиравновесии. Квазиравновесие в областях пространственного заряда. Основное уравнение. Уровни инжекции и квазиуровни Ферми. Нейтральные, притягивающие и отталкивающие центры. Механизмы диссипации энергии в актах захвата. Быстрые и медленные электронные состояния. Взаимодействие заряда с поверхностью. Влияние внешнего электрического поля

Тема 22. Поверхностная фотоэдс при квазировании в области пространственного заряда

Происхождение поверхностной фотоэдс. Фотоэдс области пространственного заряда (барьерная фотоэдс). Абиполярная диффузия электронно-дырочных пар. ЭДС Дембера. Фотоэдс поверхностных электронных состояний. Электронная плотность и потенциал у поверхности. Работа выхода. Поверхностная энергия. Фотоэлектронная спектроскопия.

Тема 23. Электрофизические размерные эффект. Эллипсометрия ультратонких плёнок.

Классический размерный эффект по дебаевской длине. Квантовые размерные эффекты в тонких пленках. Размерное квантование в области пространственного заряда. Решение задачи о распределении электрического поля в тонком кристалле. Электронный перенос в тонких металлических пленках. Проводимость областей пространственного заряда в монокристаллических полупроводниках.

Тема 24. Процессы электронного переноса в областях пространственного заряда и тонких плёнках.

Электронный перенос в тонких металлических плёнках. Подвижность свободных носителей заряда в области пространственного заряда. Феноменологический подход. Механизмы поверхностного рассеяния. Эффект поля. Общие представления. Иерархия характерных времен. Релаксационные процессы в эффекте поля. Подвижность эффекта поля.

Тема 25. Происхождение и общие свойства электронных поверхностных состояний. Сканирующая электронная микроскопия поверхности

Заряд поверхностных электронных состояний. Дифференциальная емкость поверхностных состояний. Дискретный энергетический спектр ПЭС. Квазинепрерывный энергетический спектр ПЭС. Полная дифференциальная емкость поверхности. Взаимодействие локальных электронных состояний с разрешенными энергетическими зонами. Темпы захвата и эмиссии. Сечения захвата.

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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Бесплатная электронная библиотека онлайн - <http://window.edu.ru/>

ЦЕНТР ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ И НАНОТЕХНОЛОГИЯ - <http://nanotube.ru/>ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА" - http://www.studentlibrary.ru/cur_user.htmlЭлектронно-библиотечная система "Лань" - https://e.lanbook.com/books#ebs_book**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля (4-5 см) для дополнительных записей. Необходимо записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры. Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами. Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий. В конспект следует заносить всё, что преподаватель пишет на доске, также рекомендуемые схемы, таблицы, диаграммы и т.д.</p>
практические занятия	<p>При изучении каждой темы следует</p> <ul style="list-style-type: none"> - внимательно прочитать текст лекции (раздела); - разобрать приведенные в лекции примеры; - ответить на контрольные вопросы теоретического характера; - решить практические задания в виде тестов, добиваясь совпадения с приведенными ответами. <p>Подготовка к практическому занятию по данной дисциплине включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы; групповые и индивидуальные консультации; самостоятельное рассмотрение теоретических вопросов, ведение индивидуальных конспектов.</p>
лабораторные работы	<p>В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием лабораторных работ могут быть экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др.</p> <p>При выборе содержания и объема лабораторных работ следует исходить из сложности учебного материала для усвоения, из внутрипредметных и межпредметных связей, из значимости изучаемых теоретических положений для предстоящей профессиональной деятельности, из того, какое место занимает конкретная работа в совокупности лабораторных работ, и их значимости для формирования целостного представления о содержании учебной дисциплины.</p> <p>Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность - не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности обучающихся, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.</p> <p>Отчёт по лабораторным работам рекомендуется оформлять в виде таблиц, графиков, схем, структур, графических записей, образцов, рисунков, приложений, расчётов, сравнительного анализа, решения конкретных производственных задач и ситуаций и т.д. Целесообразно применение рабочих тетрадей.</p>
самостоятельная работа	<p>Студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Работу с литературой рекомендуется делать в следующей последовательности: беглый просмотр (для выбора глав, статей, которые необходимы по изучаемой теме); беглый просмотр содержания и выбор конкретных страниц, отрезков текста с пометкой их расположения по перечню литературы, номеру страницы и номеру абзаца; конспектирование прочитанного. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Рекомендуется регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	Зачет проводится на последнем занятии. Форма проведения зачета - или собеседование по вопросам дисциплины, или выставление зачета по результатам рейтинга и контрольного тестирования. Единый порядок начисления баллов устанавливается "Положением о балльно-рейтинговой системе в Казанском приволжском федеральном университете". Во время зачетного мероприятия учащимся разрешается пользоваться всеми материалами, представленными в разделе "Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины" настоящей рабочей программы.
экзамен	<ol style="list-style-type: none"> 1. При подготовке к экзамену следует использовать учебную литературу, предназначенную для студентов высших учебных заведений. 2. При возможности выбора, в связи с резким ухудшением качества допечатной подготовки учебной литературы начиная с 90-х гг. XX в., следует использовать второе или третье издание книги, желательно содержащее указание что издание "переработано и дополнено". Это дает некоторую надежду, что выявленные ошибки будут устранены. По возможности, следует перепроверять сведения, содержащиеся в учебниках по другим видам изданий и источникам. Следует также учитывать, что некоторые ошибки переносятся из одного учебника в другой, поэтому при подготовке к экзаменам будет полезно обратиться к лекционному курсу, в котором обращалось внимание на некоторые из наиболее распространенных ошибок. 3. При подготовке экзаменационных вопросов желательно их проговаривать вслух. Эта рекомендация может быть особенно полезна для студентов, поскольку они не имеют достаточного опыта ответов в разговорной форме. 4. При подготовке к экзаменам следует использовать фрагмент рабочей программы, раскрывающий содержание тем курса. Этот раздел будет доступен на экзамене и может оказать существенную помощь при подготовке к ответу в аудитории.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

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 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки "Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.02 Физика поверхности

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Мамонова, М. В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы : монография / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 400 с. - ISBN 978-5-9221-1236-9. ♦- Текст♦: электронный♦// Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59605> (дата обращения: 10.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 352 с. - ISBN 978-5-8114-1997-5. ♦- Текст♦: электронный♦// Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71707> (дата обращения: 10.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Погосов, В. В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы : учебное пособие / В. В. Погосов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 164 с. - ISBN 5-9221-0700-3. ♦- Текст♦: электронный♦// Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48243> (дата обращения: 10.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-1321-2. ♦- Текст♦: электронный♦// Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5258> (дата обращения: 10.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Корабельников, Д. В. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Д. В. Корабельников. - Кемерово : КемГУ, 2017. - 149 с.

- ISBN 978-5-8353-2160-5. ♦- Текст♦: электронный♦// Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/103097> (дата обращения: 10.08.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.02 Физика поверхности

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: Синтез и диагностика наноматериалов, компоненты микро- и нанoeлектронной техники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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.