

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им.
Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель образовательной
программы**

Директор ИИЭ и Р

Р.Ш.Тешев
« ____ » _____ 2021 г.

Н.В. Черкесова
« ____ » _____ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.01.ДВ. 05. ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОТРИБОКОНТАКТОВ**

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль: **Современные информационные технологии в электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов» /сост. Канаметов А.А. – Нальчик: КБГУ, 2021. - 18 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов» вариативной части дисциплин по выбору Б1.В.ДВ.04.02. бакалаврам очной формы обучения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль Современные информационные технологии в электронной технике, обучающихся в 4 семестре, 2 курса.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов» составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. №218.

Содержание

1.Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2.Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	4
3.Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
4.Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
Структура дисциплины (модуля)	7
5.Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	8
5.1. Коллоквиум	8
5.2. Образцы тестовых заданий	8
Методические рекомендации по подготовке к тестированию	9
Критерии оценивания	10
5.3. Задания для лабораторных занятий	11
6.Промежуточная аттестация	11
7.Контроль курсовых работ	13
8.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности	15
9.Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	16
Основная литература	16
Дополнительная литература	16
Периодические издания	16
Интернет-ресурсы	16
10. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий	16
11.Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)	18

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов»: формирование обобщённых представлений о теории и практике феномена трения как преобразователя движение в машинах и механизмах (технических системах, формирование основных физических представлений, связанных с физикой взаимодействия малого пробного тела (зонда) с поверхностью образцов и модификацией их свойств в процессе контактного нагружения и латерального движения.

Задачи дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов»:

- ознакомление с основными методами физического (теоретического) моделирования трибосистем и расчётных моделей трения;
- ознакомление с приёмами оценки и расчёта трения, изнашивания и смазки;
- ознакомление с методами эксперимента (триботехники) и правилами эксплуатации и диагностики трибосистем.
- получить навыки решения задач, связанных с применением сканирующей зондовой микроскопии и нанотрибологии;
- освоить методы компьютерного моделирования, связанные с функционированием сканирующих зондовых микроскопов и интерпретацией экспериментальных данных (принципы кадровой развертки, режимы измерения туннельного тока и силовых взаимодействий между зондирующей иглой и поверхностью, создание искусственных структур на поверхности твердых тел и т.д.).
- получить представление о современных достижениях, связанных с развитием и применением зондовых методов для исследования и модификации поверхности

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика и технология нанотрибоконтактов» в структуре ОПОП ВО включена в вариативную часть блока Б1.В.ДВ.04.02. (дисциплина по выбору) и изучается бакалаврами 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль Современные информационные технологии в электронной технике в 4 семестре 2 курса.

Дисциплина опирается на знания, умения и компетенции, приобретенные и сформированные в результате изучения дисциплин математического и физического модулей, дисциплины «Информационные технологии».

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, такой дисциплины, как «Физические свойства наноструктур и неструктурированных материалов», «Свойства углеродных наноструктур (графен, нанотрубки, фуллерены)».

3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки со следующими критериями оценивания результатов обучения:

профессиональных (ПК):

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: место и роль математических моделей технологических процессов, полупроводниковых приборов и ИМС в области разработки и производства современных изделий электронной техники; основы метрологии и стандартизации, основные методы измерения физических величин, номенклатуру метрологических характеристик и принцип действия различных типов средств измерений.

Уметь: выбирать фундаментальные физические уравнения при заданных ограничениях и на их основе создавать математические модели для конкретных технологических процессов, полупроводниковых приборов и интегральным микросхем; правильно выбирать средства измерений, разрабатывать методики выполнения измерений, осуществлять контроль за состоянием и применением контрольно-измерительного оборудования, проводить калибровку средств измерений.

Владеть: современным математическим аппаратом, используемым для построения моделей полупроводниковых приборов и ИМС; современными программами математического моделирования; методами обработки и оценки погрешности результатов измерений. Умеет исследовать нанообъекты.

4. Содержание и структура дисциплины

Содержание разделов дисциплины

Таблица 1

№ разд ела	Наименова- ние раздела	Содержание раздела	Код контро- лиру- емой компе- тенции (или ее части)	Форма теку- щего контро- ля
1	Введение 1.	Трибология. Триботехника. Значение трибологии и триботехники. История развития науки о трении. Классификация трения. Законы трения. Характерные отличия наносистем и причины их появления. Некоторые из приоритетных направлений наноструктурной технологии.	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
2	Свойства твёрдых тел и жидкости	Некоторые свойства твёрдых тел и жидкостей. Формирование структуры деформированных металлов. Трение. Обобщенные, физические представления о природе трения. Метод трибозергоники	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
3	Физические модели вза- имодей- ствий зон- дов с по- верхно- стями	Термические, адгезионные, трибологические и химические эффекты	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т

4	Физические процессы в нанотрибоконтактах	Эффект прилипания-скольжения. Адгезионные эффекты. Химические эффекты. Образование вмятин и царапин, износ. Граничная смазка и сдвиговое упорядочение пленочных структур. Металлические наноконтакты. Трение пленок, адсорбированных на поверхностях сверхпроводников. 8. Трибоэмиссия частиц, электромагнитных и акустических волн.	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
5	Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов	Силовые взаимодействия и туннелирование электронов в наноконтактах. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
6	Основные режимы функционирования атомно-силовых микроскопов	Физические модели взаимодействий зондов с поверхностью. Режим измерения нормальных сил. Режим измерения латеральных сил. Модуляционный режим. Измерение нормальной жесткости и наноинденторы. Латеральная жесткость и сила трения. Проблемы калибровки сил и определения формы зонда. Другие приборы, применяемые в нанотрибологии.	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
7	Теория сил трения в нанотрибоконтактах	Приближения контактной механики и сравнение с данными АСМ. Простые модели сил трения, эффект прилипания - скольжения и моделирование изображений поверхности в контактной моде АСМ. Применение метода молекулярной динамики. Теория адгезионного трения. Динамические силы трения. Другие теории.	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т
8	Экспериментальные методы исследования контактных взаимодействий	Основные моды сканирования АСМ и СТМ (квазистатические режимы). Динамические режимы СЗМ. Метрология и создание наноструктур зондовыми методами	ПК-1,	ДЗ, ПР, К, РК, Т

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), курсовой работы (КР), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (144 часов)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Контактная работа (в часах):	51	51
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	17	17
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	34	34
Самостоятельная работа (в часах):	66	66
Курсовая работа (КР)/ Курсовой проект (КП)	Не предусмотрен	Не предусмотрен
Самостоятельное изучение разделов/тем		
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	экзамен	

Лекционные занятия

Таблица 3

<i>№</i>	<i>Тема</i>
1.	Структура курса. Рейтинговые мероприятия. Рекомендуемая литература. Цель и задачи курса. Терминология, некоторые определения и понятия.
2.	Трибология. Триботехника. История развития науки о трении. Классификация трения. Законы трения. Характерные отличия наносистем и причины их появления.
3.	Свойства твердых тел и жидкости
4.	Физические модели взаимодействий зондов с поверхностями
5.	Физические процессы в нанотрибоконтактах
6.	Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
7.	Основные режимы функционирования атомно-силовых микроскопов
8.	Теория сил трения в нанотрибоконтактах
9.	Экспериментальные методы исследования контактных взаимодействий

Практические занятия

Таблица 4.

<i>№</i>	<i>Тема</i>
1	Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
2	Основные моды сканирования АСМ
3	Основные моды сканирования СТМ. Квазистатические режимы.
4	Динамические режимы СЗМ.
5	Метрология и создание наноструктур зондовыми методами

Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5.

<i>№</i>	<i>Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>
1	Триботехнические характеристики наноструктур в зоне контактного взаимодействия материалов
2	Оборудование, приборы и методика исследования наноструктур в зоне контактного взаимодействия материалов
3	Электронно-дислокационная теория контактного взаимодействия материалов
4	Кластерный механизм механических свойств контактирующих материалов

5	Физические закономерности, определяющие сущность процессов при контактном взаимодействии материалов
6	Влияние начального состояния материала поверхностного слоя на формирование кластерных наноструктур при трении.
7	Численное МД -моделирование контактов зонд-образец в АСМ.
8	Энергетические и силовые характеристики контактов
9	Энергетические и силовые характеристики контактов на основе модели погруженного атома
10	Энергетические и силовые характеристики контактов на основе потенциала Лен-нарда-Джонса
11	Численное МД -моделирование металлических нанокластеров.
12	Структурные и энергетические характеристики
13	Зондовая микроскопия ближнего поля
14	Термическая зондовая микроскопия
15	Радиационный теплообмен зонда с поверхностью

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

Вопросы, выносимые на коллоквиум (контролируемые компетенции ПК-1)

Первый коллоквиум

1. Трибология. Триботехника.
2. Значение трибологии и триботехники.
3. История развития науки о трении. Классификация трения.
4. Законы трения.
5. Характерные отличия наносистем и причины их появления. Некоторые из приоритетных направлений наноструктурной технологии.
6. Свойства твёрдых тел и жидкостей.
7. Формирование структуры деформированных металлов.

Второй коллоквиум

1. Трение. Обобщенные, физические представления о природе трения. Метод трибоэргодинамики
2. Термические, адгезионные, трибологические и химические эффекты.
3. Эффект прилипания-скольжения.
4. Адгезионные эффекты. Химические эффекты.
5. Образование вмятин и царапин, износ.
6. Граничная смазка и сдвиговое упорядочение пленочных структур.
7. Металлические наноконтакты. Трение пленок, адсорбированных на поверхностях сверхпроводников.

Третий коллоквиум

1. Трибоэмиссия частиц, электромагнитных и акустических волн.
2. Силовые взаимодействия и туннелирование электронов в наноконтактах.
3. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
4. Физические модели взаимодействий зондов с поверхностью.
5. Режим измерения нормальных сил.
6. Режим измерения латеральных сил.
7. Модуляционный режим.

Рекомендации при подготовке к коллоквиуму

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 2 балла	Удовлетворитель- но 4 балла	хорошо 6 баллов	отлично 8 баллов
Студент не знает значитель- ной части вопросов, допус- кает существенные ошибки в ответах на вопросы.	Студент поверх- ностно знает вопро- сы коллоквиума, допускает неточно- сти в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по су- ществу излагает его, допуская не- которые неточно- сти в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамот- но и по существу излагает его, не допуская суще- ственных неточ- ностей в ответе на вопрос.

5.2.Образцы тестовых заданий

(контролируемые компетенции ПК-1)

- №1. Сканирующий силовой микроскоп был изобретён в
- A. В России, в физико-техническом институте им. Иоффе
 - B. В США, IBM
 - C. В германском филиале IBM
 - D. В швейцарском филиале IBM
- №2. Кантилевер используется в микроскопе
- A. Сканирующий силовой микроскоп
 - B. Сканирующий туннельный микроскоп
 - C. Растровый микроскоп
 - D. Просвечивающий электронный микроскоп
- №3. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:
- A. Дифракции рентгеновских лучей
 - B. Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
 - C. Просвечивании образца рентгеновскими лучами
 - D. Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ
- №4. Как величина туннельного тока при работе туннельного микроскопа зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым образцом?
- A. Линейно возрастает с уменьшением расстояния
 - B. Линейно уменьшается с уменьшением расстояния
 - C. Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния
 - D. Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния
- №5. Какой из микроскопов изобретён позже остальных?
- A. Сканирующий силовой микроскоп
 - B. Сканирующий туннельный микроскоп
 - C. Растровый микроскоп
 - D. Просвечивающий электронный микроскоп

Методические рекомендации по подготовке к тестированию

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

- а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;
- б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.
- в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;
- г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.
- д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Критерии оценивания

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворитель- но 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно вы- полненных заданий.	50-70% правильно выполненных зада- ний.	71-85% правиль- но выполненных заданий.	86-100% правиль- но выполненных заданий.

5.3. Задания для лабораторных занятий (контролируемые компетенции ПК-1)

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

Пример типовой лабораторной работы «Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов»

Цель работы: получение практических навыков при изучении устройства и принципов работы сканирующих зондовых микроскопов

Методические указания

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, знать схему, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на стенде студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Любые изменения в схеме проводятся при отключении схемы от источника напряжения. Результаты измерения проверяются преподавателем.

При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- задание;
- схема установки и описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

6. Промежуточная аттестация (контролируемые компетенции ПК-1)

Список основных вопросов к экзамену

1. Трибология. Триботехника.
2. Значение трибологии и триботехники.
3. История развития науки о трении. Классификация трения.

4. Законы трения.
5. Характерные отличия наносистем и причины их появления. Некоторые из приоритетных направлений наноструктурной технологии.
6. Свойства твёрдых тел и жидкостей.
7. Формирование структуры деформированных металлов.
8. Трение. Обобщенные, физические представления о природе трения.
9. Метод трибозргодинамики
10. Термические, адгезионные, трибологические и химические эффекты.
11. Эффект прилипания-скольжения.
12. Адгезионные эффекты.
13. Химические эффекты.
14. Образование вмятин и царапин, износ.
15. Граничная смазка и сдвиговое упорядочение пленочных структур.
16. Металлические наноконтакты. Трение пленок, адсорбированных на поверхностях сверхпроводников.
17. Трибозмиссия частиц, электромагнитных и акустических волн.
18. Силовые взаимодействия и туннелирование электронов в наноконтактах.
19. Устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
20. Физические модели взаимодействий зондов с поверхностью.
21. Режим измерения нормальных сил.
22. Режим измерения латеральных сил.
23. Модуляционный режим.
24. Измерение нормальной жесткости и наноинденторы.
25. Латеральная жесткость и сила трения.
26. Проблемы калибровки сил и определения формы зонда. Другие приборы, применяемые в нанотрибологии.
27. Приближения контактной механики и сравнение с данными АСМ.
28. Простые модели сил трения, эффект прилипания - скольжения и моделирование изображений поверхности в контактной моде АСМ.
29. Применение метода молекулярной динамики.
30. Теория адгезионного трения.
31. Динамические силы трения.
32. Основные моды сканирования АСМ и СТМ (квазистатические режимы).
33. Динамические режимы СЗМ.
34. Метрология и создание наноструктур зондовыми методами

Методические рекомендации при подготовке к экзамену

Подготовка студентов к зачету включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защите.

Для подготовки к ответам вопросы зачета (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к зачету студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к зачету должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Распределение баллов текущего, рубежного контроля

№		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
---	--	-------------	-----------	-----------	---------

1.	Текущий контроль				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
2.	Рубежный контроль				
	Тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	Коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
Итого		70 баллов	23 балла	23 балла	24 балла

Критерии оценивания

При освоении дисциплины формируются компетенции ПК-1. Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

- формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);
- приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, самостоятельная работа студентов);
- закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (лабораторные работы, практики, выпускная квалификационная работа).

Критерии оценки качества освоения дисциплины, завершающейся зачетом

Баллы (рейтингов ой оценки)	Результат освоения	Требования уровню сформированности компетенций
61-70	удовлетворительно (без процедуры сдачи экзамена)	Обучающийся освоил знания, умения и навыки, входящие в состав компетенций: <ul style="list-style-type: none">• способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);•
36-61	удовлетворительно (с процедурой сдачи экзамена)	Обучающийся проявляет компетенции ПК-1, но не в полном объеме входящих в их состав действий. Обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудняться в изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы.
менее 36 балла	не допущен к экзамeну	Компетенции не сформированы

7.Контроль курсовых работ

В соответствии с учебным планом по дисциплине курсовые работы не предусмотрены.

8.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

Таблица 6.

<i>Результаты обучения (компетенции)</i>	<i>Основные показатели оценки результатов обучения</i>	<i>Вид оценочного материала</i>
Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1)	<u>Знать</u> : место и роль математических моделей технологических процессов, полупроводниковых приборов и ИМС в области разработки и производства современных изделий электронной техники	Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 6.</i>)
	<u>Уметь</u> : выбирать фундаментальные физические уравнения при заданных ограничениях и на их основе создавать математические модели для конкретных технологических процессов, полупроводниковых приборов и интегральным микросхем	Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 6.</i>)
	<u>Владеть</u> : современным математическим аппаратом, используемым для построения моделей полупроводниковых приборов и ИМС; современными программами математического моделирования	Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 6.</i>)
	<u>Владеть</u> : методами обработки и оценки погрешности результатов измерений. Умеет исследовать нано-объекты.	Выполнение и защита лабораторных работ; типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1</i>); типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.</i>); типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 6.</i>)

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Машков Ю.К. Трибофизика конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Машков Ю.К., Малий О.В.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2017.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78487.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Войнов К.Н. Триботехника и надёжность механических систем [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Войнов К.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, 2014.— 72 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65322.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов [Электронный ресурс]: монография/ Кларк Э.Р., Эберхард К.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2007.— 376 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12728.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии, М.: Техносфера, 2006.
2. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М., Техносфера, 2004
3. Бахтизин Р.З. Физические основы сканирующей зондовой микроскопии, Изд.-во Баш. ГУ, Уфа. 2004
4. Дедков Г.В. Нанотрибология: экспериментальные факты и теоретические модели. // Успехи физических наук, 170, №6, 585, 2000.
5. Дедков Г.В. Физические аспекты взаимодействий зонд -поверхность в сканирующей зондовой микроскопии. //Нано- и микросистемная техника, Ч.1,2. №8,9. 2006.

Периодические издания

Перечень периодических изданий, получаемых библиотекой КБГУ, в которых студент может ознакомиться с современными достижениями в области нанотрибологии: Электронная промышленность, Микроэлектроника, Электроника НТБ, Нано и микросистемная техника, Нано- и микросистемная техника.

Интернет-ресурсы

1. URL: <http://lib.kbsu.ru/> Библиотека КБГУ.
2. URL: <http://www.garant.ru>. Справочная правовая система «Гарант».
3. URL: <http://www.consultant.ru> Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> ЭБС «Консультант студента»
5. <http://www.ph4s.ru> -Образовательный проект А.Н. Варгина
6. URL: <http://www.sciencedirect.com>. Профессиональные поисковые системы. Полнотекстовая база данных ScienceDirect
7. <http://metod.ce.cctpu.edu.ru/edu> - Ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений. Государственные образовательные стандарты. Нормативные документы.
8. <http://www.intuit.ru/department/> - Бесплатное дистанционное обучение в Национальном Открытом Университете
9. <http://www.citforum.ru> - Публикации и обзоры из области интернет-технологий
10. <http://www.x-sky.ru/ebook>, <http://www.iprbookshop.ru> - электронно-библиотечные системы

10. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.

2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.

3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением различных программных сред.

4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалом в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторный практикум проводится в лаборатории №420, расположенной по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ). Лаборатория оснащена современным программным обеспечением (операционные системы Windows 10, языки программирования Делфи, C++) и выходом в Интернет.

Студенты имеют доступ через Интернет к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа и лабораторных занятий используются:

лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:

- Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
 - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
 - для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)
«Физика и технология нанотрибоконтактов» по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и микроэлектроника профиль Современные информационные
технологии в электронной технике на 2021 – 2022 учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вно- симых изменений	Примеча- ние

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры_
электроники и цифровых информационных технологий, протокол № _____ от «____»
_____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ / Р.Ш.Тешев/