


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

Руководитель образовательной про-
граммы

 Мустафаев Г.А.
« 30 » 05 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭ и Р

 Р.Ш. Тешев
« 30 » 05 2023 г.



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

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль: Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов» /сост. Канаметов А.А. – Нальчик: КБГУ, 2023. - 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

Содержание.....	3
1.Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	5
Задачи дисциплины (модуля) «Физика и технология нанотрибоконтактов»:.....	5
Структура дисциплины.....	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9
5.1. Коллоквиум.....	9
Оценка.....	10
неудовлетворительно.....	10
Удовлетворительно 4 балла.....	10
хорошо.....	10
отлично.....	10
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.....	10
Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос.....	10
Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.....	10
Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.....	10
5.2.Образцы тестовых заданий.....	10

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:.....	11
а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;.....	11
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.....	11
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;.....	11
г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.....	11
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.....	11
е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.....	11
<i>Критерии оценивания</i>	11
Оценка.....	11
неудовлетворительно.....	11
удовлетворительно 3 балла.....	11
хорошо.....	11
отлично.....	11
Менее 50 % правильно выполненных заданий.....	11
50-70% правильно выполненных заданий.....	11
71-85% правильно выполненных заданий.....	11
86-100% правильно выполненных заданий.....	11
5.3. Задания для лабораторных занятий.....	11
6.Промежуточная аттестация.....	12
7.Контроль курсовых работ.....	14
8.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	14
Периодические издания	16
10.Программное обеспечение современных.....	16
информационно-коммуникационных технологий.....	16
11.Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	16
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 движения 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);
- **ПКС-Б.1.1.** Способен строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
- **ПКС-Б.1.2.** Способен пользоваться методами компьютерного моделирования

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 трибозергодинамики	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 (108 часов)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	4 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	45	51
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	15	15
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	30	30
Самостоятельная работа (в часах):	36	36
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. Трибозмиссия 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	Удовлетворительно 4 балла	хорошо 6 баллов	отлично 8 баллов
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

5.2.Образцы тестовых заданий
(контролируемые компетенции ПК-1)

- №1. Сканирующий силовой микроскоп был изобретён в
- А. В России, в физико-техническом институте им. Иоффе
 - В. В США, IBM
 - С. В германском филиале IBM
 - Д. В швейцарском филиале IBM
- №2. Кантилевер используется в микроскопе
- А. Сканирующий силовой микроскоп
 - В. Сканирующий туннельный микроскоп
 - С. Растровый микроскоп
 - Д. Просвечивающий электронный микроскоп

№3. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:

- А. Дифракции рентгеновских лучей
- В. Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
- С. Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Д. 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?

- А. Линейно возрастает с уменьшением расстояния
- В. Линейно уменьшается с уменьшением расстояния
- С. Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния
- Д. Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния

№5. Какой из микроскопов изобретён позже остальных?

- А. Сканирующий силовой микроскоп
- В. Сканирующий туннельный микроскоп
- С. Растровый микроскоп
- Д. 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 выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно 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 трибозергодинамики
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 202__ – 202__ 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 «____»
 _____ 202__ г.

Заведующий кафедрой _____ / Р.Ш.Тешев/