

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

по дисциплине

**Б1.1.В.06 «НАНОЭЛЕКТРОНИКА»**

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

ОПОП академической магистратуры

«Микро- и нанoeлектроника»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2023

**Оценочные материалы** – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

**Цель** – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

**Основная задача** – обеспечить оценку уровня общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

**Контроль знаний** проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на практических занятиях. При оценивании результатов освоения практических занятий применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество практических работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой. Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением теоретического зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый должен составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки, схемы и т.п.

#### **Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)**

<b>№ п / п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или её части)</b>	<b>Вид, метод, форма оценочного мероприятия</b>
1	2	3	4
1	Этапы развития электроники. Преемственность этапов развития электроники. Предмет нанoeлектроники	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
2	Пространственные масштабы нанoeлектроники	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
3	Физические основы нанoeлектроники	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
4	Элементы низкоразмерных структур	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
5	Процессы переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
6	Технологические основы нанoeлектроники	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет

7	Приборные структуры нанoeлектро-ники	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет
8	Перспективы и тенденции развития современной микро- и нанoeлектро-ники. Политроника, молетроника, на-ноплазмоника и нанofотоника	ПК-6, ПК-10-ПК-14	зачет

#### **Формы текущего контроля**

Текущий контроль по дисциплине «Нанoeлектроника» проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно, на практических занятиях, а также экспресс – опросов и заданий по лекционным материалам и практическим занятиям. Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Нанoeлектроника», содержат необходимый теоретический материал, тестовые задания и вопросы по каждому из разделов дисциплины. Результаты ответов на вопросы тестовых заданий контролируются преподавателем.

#### **Формы промежуточного контроля**

Формой промежуточного контроля по дисциплине является теоретический зачет. К зачету допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом и настоящей программой. Форма проведения зачета – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

#### **Критерии оценки компетенций обучающихся и шкалы оценивания**

Формирование у обучающихся во время обучения в семестре указанных выше компетенций на этапах лабораторных занятий, а также самостоятельной работы оценивается по критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено». Освоение материала дисциплины и контролируемых компетенций обучающегося служит основанием для допуска обучающегося к этапу промежуточной аттестации – теоретическому зачету.

Целью проведения промежуточной аттестации (зачета) является проверка общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретенных студентом при изучении дисциплины «Нанoeлектроника».

Уровень теоретической подготовки определяется составом приобретенных компетенций, усвоенных им теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно использовать их при решении задач целенаправленного применения различных видов твердотельных микро- и наноструктур для создания современной элементной базы отечественной микро- и нанoeлектроники.

Теоретический зачет организуется и осуществляется, как правило, в форме собеседования. Средством, определяющим содержание собеседования студента с экзаменатором, являются экзаменационный билет, содержание которого определяется ОПОП и Рабочей программой. Экзаменационный билет включает в себя, как правило, два вопроса, один из которых относится к указанным выше теоретическим разделам дисциплины и один – практическому применению твердотельных микро- и наноструктур для создания современной элементной базы отечественной микро- и нанoeлектроники.

Оценке на заключительной стадии теоретического зачета подвергаются устные ответы экзаменуемого на вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора по критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено».

Применяются следующие критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень усвоения материала, предусмотренного программой;
- умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
- полнота, аргументированность, убежденность ответов на вопросы;
- качество ответа (общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция);

- использование дополнительной литературы при подготовке к этапу промежуточной аттестации.

К оценке уровня знаний и практических умений и навыков рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

Оценка «**Зачтено**» выставляется обучающемуся, который показывает полные или достаточно полные и твердые знания программного материала дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); правильно, аргументировано отвечает на все вопросы, с приведением примеров; владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данной дисциплины, других изучаемых предметов; делает несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на практических занятиях и выполнения учебного графика.

Оценка «**Не зачтено**» выставляется обучающемуся, который демонстрирует отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины (не справился с 50% вопросов и заданий при ответе на вопросы билета), в ответах на дополнительные вопросы допускает существенные и грубые ошибки. Целостного представления о взаимосвязях элементов дисциплины «Нанoeлектроника» и использования предметной терминологии у обучающегося нет.

### Типовые контрольные темы и вопросы по дисциплине «Нанoeлектроника»

#### Примерные темы практических занятий

№	Наименование темы
1	Низкоразмерные структуры
2	Проводимость низкоразмерных структур
3	Гигантское магнитосопротивление и спин-контролируемое туннелирование
4	Квантовый эффект Холла

#### Вопросы к теоретическому зачету

Тема 1 «Введение	
1.1	Этапы развития электроники
1.2	Преимущества этапов развития электроники
1.3	Предмет нанoeлектроники
Тема 2 «Пространственные масштабы нанoeлектроники»	
2.1	Закон Мура
2.2	Технологическая норма
2.3	Проблемы миниатюризации и межсоединений
2.4	Принципы скейлинга
Тема 3 «Физические основы нанoeлектроники»	
3.1	Физические свойства мезо- и наноскопических систем
3.2	Плотность энергетических состояний в низкоразмерных структурах
3.3	Квантово-размерные эффекты: квантовое ограничение; баллистический транспорт; туннелирование
3.4	Спиновые и экситонные эффекты
3.5	Электронно-оптические эффекты
Тема 4 «Элементы низкоразмерных структур»	
4.1	Свободные поверхности и межфазные границы
4.2	Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля: квантовые колодцы, модуляционно- и дельта - легированные наноструктуры

4.3	Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля: МДП-структуры, структуры с расщеплённым затвором
4.4	Напряженные структуры и сверхрешётки. Структуры с квантовыми точками
4.5	
<b>Тема 5 «Процессы переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах»</b>	
5.1	Квантовая проводимость. Кулоновская блокада
5.2	Транспорт носителей заряда вдоль потенциального барьера (продольный перенос): отрицательное сопротивление изгиба; продольный перенос горячих электронов
5.3	Поперечный перенос носителей заряда: одноэлектронное туннелирование, сотуннелирование, одно-и двухбарьерные структуры, резонансное туннелирование
5.4	Перенос носителей в магнитных полях: интерференция электронных волн (эффект Аронова – Бома)
5.5	Перенос носителей в магнитных полях: квантовый эффект Холла
5.6	Перенос носителей в магнитных полях: эффект гигантского магнитосопротивления
5.7	Перенос носителей в магнитных полях: спин-зависимое туннелирование
5.8	Перенос носителей в магнитных полях: эффект Кондо;
5.9	Перенос носителей в магнитных полях: эффект Шубникова – де Гааза
<b>Тема 6 «Технологические основы наноэлектроники»</b>	
6.1	Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии
6.2	Методы получения наночастиц и наноматериалов
6.3	Химическое осаждение из газовой фазы
6.4	Молекулярно-лучевая эпитаксия
6.5	Импульсное лазерное осаждение
6.6	Зондовые нанотехнологии (атомно-молекулярная инженерия, локальное окисление, локальное химическое осаждение из газовой фазы)
6.7	Нанолитография: электронно (ионно)-лучевая и рентгеновская литография
6.8	Методы получения самоорганизованных наноструктур: самосборка; самоорганизация на поверхности материала и в объёме
6.9	Построение технологических процессов на основе оптимального сочетания принципов управления, самоформирования, самоорганизации
6.10	Адаптивный синтез микро- и наноэлектронных структур, самосогласованные цепи технологических операций.
<b>Тема 7 «Приборные структуры наноэлектроники»</b>	
7.1	Квантовый интерференционный транзистор;
7.2	Одноэлектронный транзистор
7.3	Транзистор на горячих электронах
7.4	Туннельно-резонансный диод и транзистор
7.5	Спинтронные устройства: спиновый клапан
7.6	Элементы энергонезависимой памяти на основе эффекта гигантского магнитосопротивления и спин-зависимого туннелирования
7.7	Спиновые транзисторы (транзистор Джонсона. спин-полевой транзистор)
7.8	Оптоэлектронные устройства на наноструктурах: излучатели на полупроводниковых квантовых ямах и точках; фотоприёмники на квантовых ямах и сверхрешетках; фотоприёмники на квантовых точках
7.9	Базовые логические элементы квантовых компьютеров: логические элементы на основе резонансного туннелирования; логические элементы на основе структур с квантовыми точками и сверхпроводников
7.10	Наносенсоры
<b>Тема 8 «Заключение»</b>	
8.1	Перспективы и тенденции развития современной микро- и наноэлектроники
8.2	Политроника

8.3	Молеетроника
8.4	Наноплазмоника
8.5	Нанофотоника

Составил  
к.т.н., доцент кафедры микро- и наноэлектроники

Вишняков Н.В.

Зав. кафедрой микро- и наноэлектроники  
д.ф.-м.н., доцент

Литвинов В.Г.