

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной
деятельности НовГУ

А.Б. Ефременков



«18» декабря 2025 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания в магистратуру
по направлению подготовки
11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

СОСТАВИТЕЛЬ:

Телина Ирина Сергеевна,
к.т.н., доцент кафедры ФТТМ

«17» декабря 2025 г.

Программа вступительного испытания составлена на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника.

Целью вступительного испытания является проведение объективной и достоверной оценки уровня знаний поступающего на магистерскую программу и проведение отбора наиболее подготовленных абитуриентов.

Программа содержит порядок проведения вступительного испытания, критерии оценивания экзаменационной работы, содержание программы, список рекомендуемой литературы, пример экзаменационного билета.

Порядок проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится в дистанционной форме и предполагает ответы на вопросы теста, которые позволяют определить качество знаний и умений. Продолжительность вступительного испытания – 2 астрономических часа (120 минут).

Критерии оценивания вступительного испытания

Максимально возможное количество баллов, которое поступающий может получить на вступительном испытании, – 100 баллов.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, – 30 баллов. Поступающие, получившие 29 и меньше баллов, к участию в конкурсе не допускаются.

Экзаменационный билет состоит из 12 вопросов. Первые пять вопросов оцениваются по 6 баллов каждый. Остальные семь вопросов оцениваются по 10 баллов каждый.

Критерий оценивания – правильность ответа.

Содержание программы

1 Цель вступительного испытания

Целью вступительного испытания является выявление знаний студентов современной элементной базы электроники.

Поступающие в магистратуру по направлению «Электроника и наноэлектроника» должны ориентироваться в следующих вопросах:

- проблемы квантовой механики и статистической физики;
- материалы электронной техники;
- физика конденсированного состояния;
- физические основы электроники;
- твердотельная электроника;
- основы цифровой и аналоговой схемотехники.

2 Программа вступительного испытания

2.1 Квантовая механика и статистическая физика

Основные положения квантовой механики. Простейшие задачи квантовой механики. Спин и тождественность частиц. Приближенные методы квантовой механики.

Основные положения статистической физики. Классическая статистика равновесных состояний. Квантовая статистика равновесных состояний. Основы физической кинетики.

2.2 Материалы электронной техники

Классификация материалов. Проводники, магнитные материалы, полупроводники диэлектрики, материалы квантовой электроники и интегральной оптики. Электропроводность твердых тел. Методы выращивания различных типов материалов. Применение материалов в технике. Основные материалы полупроводникового производства: кремний, арсенид галлия, нитрид галлия, кварцевое стекло, графит, карбид кремния. Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов. Производство монокристаллов кремния больших диаметров. Молекулярно-лучевая эпитаксия: синтез гетероэпитаксиальных слоев полупроводниковых соединений.

2.3 Физика конденсированного состояния

Физика твердого тела и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Простейшие задачи квантовой механики. Электронные состояния в кристаллах. Дефекты в кристаллах. Примеси в полупроводниках. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Расчет концентраций носителей заряда. Интеграл Ферми половинного индекса. Неравновесные электронные процессы и движение носителей заряда. Основные уравнения для анализа работы полупроводниковых приборов. Оптическое поглощение в кристаллах. Рекомбинация носителей заряда. Поверхности и границы раздела.

2.4 Физические основы электроники

P-n переход и его характеристики. Диоды, основные параметры и характеристики. Физические процессы в транзисторных структурах. Биполярные, полевые и МДП – транзисторы. Принципы работы, основные параметры и характеристики. Элементная база вакуумной и плазменной электроники.

2.5 Твердотельная электроника

Полупроводниковые интегральные схемы. Компоненты полупроводниковых интегральных схем. Цифровые биполярные микросхемы. МДП интегральные схемы.

Перспективные элементы и предельные возможности интегральной микроэлектроники.

2.6 Основы цифровой и аналоговой схемотехники

Базовые аналоговые каскады. Базовые цифровые логические элементы. Этапы проектирования цифровых устройств. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.

Пример теста

Вопрос 1. Гипотеза Планка состоит в том, что ...

Выберите один ответ:

- a. электромагнитные волны поперечны
- b. электромагнитные волны излучаются в виде отдельных порций (квантов), энергия которых зависит от частоты
- c. электромагнитные волны излучаются зарядами движущимися с ускорением
- d. скорость света постоянна во всех инерциальных системах отсчета
- e. нельзя одновременно точно определить значение координаты и импульса

Вопрос 2. Волновая функция или функция состояния дает возможность ...

Выберите один ответ:

- a. описать законы термодинамики
- b. описать закон движения частицы
- c. получить информацию о значении координат и импульса частицы
- d. получить информацию о значении энергии и интервале времени, в течение которого частица имеет эту энергию
- e. предсказать, какие значения всех измеряемых величин будут наблюдаться на опыте и с какой вероятностью

Вопрос 3. В силу наличия у микрочастиц волновых свойств к ним неприменимо понятие:

1 - импульса, 2 - энергии, 3 - траектории, 4 - массы.

Выберите один ответ:

- a. 1 и 4
- b. 2 и 4
- c. 2
- d. 1 и 3
- e. 3

Вопрос 4. Электропроводность собственного полупроводника определяется:

Выберите один ответ:

- a. электронами
- b. электронами и дырками совместно
- c. дырками

Вопрос 5. В каком случае n-p переход будет иметь наименьшую толщину обедненной области?

Выберите один ответ:

- a. один вырожденный, а другой невырожденный
- b. оба полупроводника невырожденные
- c. оба полупроводника слаболегированные
- d. один сильнолегированный, а другой слаболегированный
- e. оба полупроводника (n и p-типа) сильнолегированные

Вопрос 6. Определите ток через образец кремния прямоугольной формы $l \times b \times h =$

$5 \times 2 \times 1$ мм, если вдоль образца приложено напряжение 10 В. Известно, что концентрация электронов в полупроводнике $n = 10^{21} \text{ м}^{-3}$, а их подвижность $\mu_n = 0,14 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

Ответ дайте в миллиамперах (мА) с точностью до двух знаков после запятой. Например: 1,23.

Вопрос 7. При приложении к варикапу постоянного обратного напряжения 10 В через него протекает ток 1 мкА. Определить добротность данного варикапа на частоте 0,3 МГц, если его барьерная емкость при указанном напряжении равна 60 пФ.

Ответ дайте целым числом.

Вопрос 8. Укажите, увеличение значений каких из перечисленных параметров приводит к росту статического коэффициента передачи тока биполярного транзистора:

Выберите один или несколько ответов:

- a. концентрация примеси в эмиттере
- b. напряжение на коллекторном переходе
- c. ширина базы
- d. концентрация примеси в коллекторе
- e. температура
- f. концентрация примеси в базе

Вопрос 9. Укажите соответствие методов изоляции элементов полупроводниковых микросхем и присущих им характерных особенностей.

Изоляция V-канавками	Имеет в основе локальное сквозное прокисление тонкого эпитаксиального слоя кремния p-типа
КНС	Требует прецизионной шлифовки монокристаллической пластины
Изоляция p-n переходом	Имеет следствием рельефность поверхности, затрудняющую металлическую разводку
Эпик-процесс	Приводит к появлению паразитных барьерных емкостей
Изопланар	Использует сквозное протравливание методом анизотропного травления

Вопрос 10. Если на J и K входы JK-триггера поступят логические единицы, то на его выходе будет

Выберите один ответ:

- a. логический 0
- b. состояние будет неопределенным
- c. состояние изменится на противоположное
- d. останется прежнее состояние
- e. логическая 1

Вопрос 11. Рассчитайте рабочую точку транзистора в схеме усилителя:

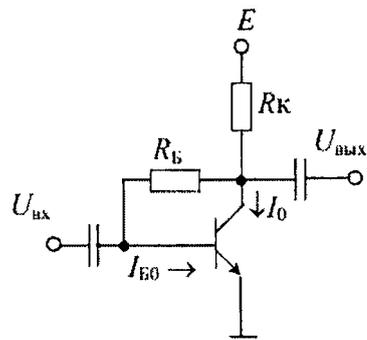
$$E = 5 \text{ В}$$

$$B = 200$$

$$R_k = 3 \text{ кОм}$$

$$R_b = 15 \text{ кОм}$$

$$U_{эб} = 0,7 \text{ В}$$



Вопрос 12. Найдите $U_{\text{вых}}$.

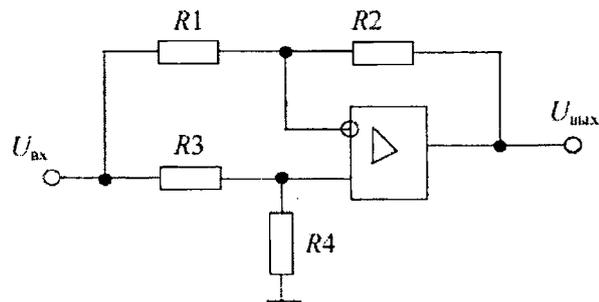
$$U_{\text{вх}} = 1 \text{ В}$$

$$R_1 = 10 \text{ кОм}$$

$$R_2 = 10 \text{ кОм}$$

$$R_3 = 5 \text{ кОм}$$

$$R_4 = 10 \text{ кОм}$$



Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Пихтин А.Н. Квантовая и оптическая электроника: учебник. – М.: Высшая школа: Абрис, 2012. – 655 с.
2. Нанoeлектроника. Теория и практика: учебн. для вузов /авт.: В.Е Борисенко и др. –2-е изд, перераб. и доп. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 – 366 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 390 с.
4. Введение в процессы интегральных и микротехнологий: учеб. пособие для вузов: в 2-х т./ Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2010-2011. Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. 2010. 392 с.
5. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2011. – 464 с.: ил.
6. Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник. Т.1.- 2-е изд., испр. – СПб.: изд. Лань, 2015. – 448 с: ил.
7. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов/ А.Н. Игнатов – СПб.: Лань, 2011 – 538 с.
8. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебн. для вузов/ В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 9-е изд. стер. – СПб; М.; Краснодар: Лань, 2012. – 478 с.
9. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие для вузов/Л.А. Коледов – 3-е издание.стер.– СПб: Лань, 2018 – 399 с.
10. Муханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учеб. пособие для вузов/Л.Г. Муханин. 3-е изд.стер.– СПб: Лань, 2018.– 399 с.
11. Петров М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб.пособие для вузов /М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – СПб: Лань, 2018.– 462 с.

Дополнительная литература:

1. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. – М.: Физматлит, 2006. – 552 с.
2. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП – транзисторов. В 2-х частях – Москва: Техносфера, 2004.
3. Зуханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2009. – 281 с.
4. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учебн. пособие для вузов: в 2ч.: 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 396 с.
5. Спиридонов А.П. Физические основы твердотельной электроники: учебн. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2008. – 190 с.
6. Ефимов И.Е. Основы микроэлектроники: учебник / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. – 3-е изд. стер. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. – 383 с.