**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Воронцов А. Г.
Пользователь: vorontsovag
Дата подписания: 11.06.2024

А. Г. Воронцов

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ФД.02 Квантовые технологии: состояние и перспективы
**для направления** 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
**уровень** Бакалавриат
**форма обучения** очная
**кафедра-разработчик** Физика наноразмерных систем

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Воронцов А. Г.
Пользователь: vorontsovag
Дата подписания: 11.06.2024

А. Г. Воронцов

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., доц., профессор

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Бескачко В. П.
Пользователь: beskachkovp
Дата подписания: 11.06.2024

В. П. Бескачко

Челябинск

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - изучение принципов описания квантовых систем в связи с задачами извлечения, обработки и передачи информации, а также основных направлений развития и достижений в области квантовой инженерии – технической реализации ресурсов, возникших в результате «второй квантовой революции». Задачи курса состоят в изучении: методов описания состояний квантовых систем и измерений, производимых над ними, способов интерпретации результатов, квантовых эффектов, сопровождающих процессы извлечения, преобразования и передачи квантовой информации, использование квантовых эффектов для создания устройств метрологии, сенсорики, телекоммуникации и вычислительной техники, современного состояния в промышленном освоении квантовых информационных систем.

## Краткое содержание дисциплины

Появившаяся в физике в начале XX века концепция квантов является величайшим достижением в новейшей истории человечества . Она совершили переворот не только в области естественных наук, но также и в вытекающих из них технологиях и, следовательно, в жизни общества в целом. Базовые принципы концепции были разработаны и математически формализованы к 30-40 годам в виде количественной теории, называемой квантовой механикой. В следующие 30-40 лет происходило быстрое освоение ее предсказательного ресурса, приведшее к созданию новых отраслей физики ( атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц, квантовой оптики) и химии (квантовая химия). В это же время были созданы и развиты квантовые методы описания свойств конденсированных тел, чем была заложена основа современного материаловедения и, в частности, физики полупроводников. Использование последних в электронике привело к необычайно быстрому прогрессу в вычислительной технике, средствах связи, сенсорике. Этот период в развитии физики и технологий теперь называют "первой квантовой революцией", поскольку в 70-80-е годы казалось, что инновационный потенциал квантовой механики уже исчерпан и второй революции не будет. Однако к концу XX века стало понятно, что это не так. Оказалось, что некоторые предсказания квантовой механики, несовместимые со "здравым физическим смыслом" (парадоксы), реализуются в экспериментах и могут быть использованы для создания новых удивительных технологий извлечения, обработки и передачи информации - квантовых технологий. Развитие этих технологий является содержанием "второй квантовой революции". В настоящем курсе дается описание основ квантовых технологий и обзор современного состояния их практической реализации.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | Знает: современное состояние и перспективы развития современных квантовых технологии |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| 1.О.26 Наноэлектроника,<br>1.О.20 Основы теории вероятности и стохастических процессов,<br>ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока,<br>1.О.16 Теоретические основы электротехники,<br>1.О.09 Линейная алгебра и аналитическая геометрия,<br>1.О.27 Интегральная электроника и наноэлектроника,<br>1.О.10 Дифференциальные уравнения,<br>1.О.28 Введение в физику твердого тела,<br>1.О.22 Материалы и компоненты электронной техники,<br>1.О.08 Математический анализ,<br>1.О.11 Физика,<br>1.О.21 Статистические основы интеллектуального анализа данных | Не предусмотрены |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| 1.О.27 Интегральная электроника и наноэлектроника | Знает: понятия и отличительные особенности интегральной электроники и наноэлектроники;основные принципы построения интегральных схем Умеет: Имеет практический опыт: |
| 1.О.16 Теоретические основы электротехники | Знает: основные элементы электрических цепей, метода расчета электрических цепей Умеет: выполнять рассчеты параметров электрических цепей постоянного и переменного тока Имеет практический опыт: сборки электрических схем и выполнения измерений в электрических цепях |
| 1.О.20 Основы теории вероятности и стохастических процессов | Знает: области прикладного применения теории вероятностей и стохастических процессов;основные определения и теоремы теории вероятностей и стохастических процесов Умеет: находить вероятности в конкретных задачах, находить параметры распределений случайных величин и стохастических процессов Имеет практический опыт: нахождения параметров функции распределения случайной величины |
| 1.О.28 Введение в физику твердого тела | Знает: основные физические свойства материалов;физико-химические причины появления тех или иных свойств материалов Умеет: находить информацию о свойствах веществ Имеет практический опыт: |

| | |
|---|---|
| 1.О.21 Статистические основы интеллектуального анализа данных | Знает: области прикладного применения математической статистики;основные определения и теоремы математического статистики Умеет: применять законы математической статистики для обработки экспериментальных данных и подтверждения гипотез Имеет практический опыт: использования математической статистики для обработки экспериментальных данных и подтверждения гипотез |
| 1.О.11 Физика | Знает: фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы, основы экспериментального метода исследования;методику обработки данных эксперимента, методики анализа физических систем, основные определения и законы физики Умеет: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера, проводить простые эксперименты, грамотно представлять результаты измерений, оценивать погрешность, применять системный подход для решения физических задач Имеет практический опыт: использования знаний физики и математики при решении практических задач, проведения эксперимента, обработки экспериментальных данных |
| 1.О.26 Наноэлектроника | Знает: фундаментальные законы природы, определяющие функционирование объектов нанометровых размеров; отличительные особенности наноэлектронных систем Умеет: использовать законы физики для прогнозирования поведения наноэлектронных систем Имеет практический опыт: |
| 1.О.08 Математический анализ | Знает: области прикладного применения дифференциального и интегрального исчисления;основные определения и теоремы математического анализа Умеет: применять методы математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера Имеет практический опыт: |
| 1.О.10 Дифференциальные уравнения | Знает: области прикладного применения дифференциальных уравнений;Классификацию дифференциальных уравнений;основные способы решения дифференциальных уравнений Умеет: решать дифференциальные уравнения Имеет практический опыт: применения дифференциальных уравнений для решения задач |
| ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока | Знает: примеры практического использования наноструктурных материалов;устройство и материалы современных источников тока Умеет: Имеет практический опыт: |
| 1.О.22 Материалы и компоненты электронной техники | Знает: основные методы экспериментального исследования свойств материалов и параметров |

| | |
|---|---|
| | компонентов электронной техники, основные материалы, используемые в электронике;ключевые компоненты, использующиеся в электронных схемах Умеет: проводить измерения свойств материалов и параметров компонентов электронной техники, осуществлять подбор материалов для изготовления электронной техники Имеет практический опыт: измерения свойств материалов, представления и обработки экспериментальных данных |
| 1.О.09 Линейная алгебра и аналитическая геометрия | Знает: области прикладного применения линейной алгебры и аналитической геометрии;основные определения и теоремы линейной алгебры и аналитической геометрии Умеет: применять методы линейной алгебры и аналитической геометрии для решения задач теоретического и прикладного характера Имеет практический опыт: |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 28,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|---|---|
| | | Номер семестра |
| | | 8 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 72 | 72 |
| *Аудиторные занятия:* | 24 | 24 |
| Лекции (Л) | 12 | 12 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 12 | 12 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 43,75 | 43,75 |
| Подготовка к семинарским занятиям по теме 1.2, касающимся ключевых экспериментов и основных положений квантовой механики. Подготовка реферата - базовые принципы квантовой механики | 12 | 12 |
| Подготовка к промежуточной аттестации (зачет). | 8,75 | 8.75 |
| Подготовка к семинарским занятиям. Подготовка реферата. | 23 | 23 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 4,25 | 4,25 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | зачет |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Первая и вторая квантовые революции | 8 | 4 | 4 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Технологии второй квантовой революции | 16 | 8 | 8 | 0 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Технологические уклады, их возникновение, расцвет и истощение. Причины смены технологических укладов. | 2 |
| 2 | 1 | Первая квантовая революция: формирование принципов и математического аппарата квантовой механики, переворот в науке и новые технологии | 2 |
| 1 | 2 | Технологические угрозы на рубеже 20/21 веков. Неиспользованные ресурсы квантовой механики и вторая квантовая революция. | 2 |
| 2 | 2 | Квантовая информатика: квантовые коммуникации | 2 |
| 3 | 2 | Квантовые вычисления и алгоритмы. Квантовые компьютеры | 2 |
| 4 | 2 | Квантовая сенсорика | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Основные закономерности долговременного экономического развития. Технологический уклад (ТУ) и его характеристики. Ядро, ключевые технологии и несущие отрасли ТУ. Смена ТУ. Характеристики пятого и шестого ТУ | 2 |
| 2 | 1 | Квантовая физика. Ключевые эксперименты и основные положения теории. Приложения квантовой механики в науке и технологиях, ее роль в формировании ТУ | 2 |
| 1 | 2 | Истощение 5-го ТУ, технологический кризис, формирование и развитие 6-го ТУ. Свойства квантовых систем, востребованные в 6-ом ТУ. | 2 |
| 2 | 2 | "Парадоксы" квантовой механики, ключевые эксперименты и их теоретическое истолкование. Квантовые каналы связи, криптография. | 2 |
| 3 | 2 | Классические и квантовые вычисления. Квантовый компьютер, физическая реализация. | 2 |
| 4 | 2 | Квантовые измерения, сенсорика и метрология | 2 |

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|---|---|---|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к семинарским занятиям по теме 1.2, касающимся ключевых экспериментов и основных положений квантовой механики. Подготовка реферата - базовые принципы квантовой | Карлов Н. В., Кириченко Н. А. Начальные главы квантовой механики : учебное пособие. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. Гл. 1-3, с. 11-82 | 8 | 12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| механики | | | |
| Подготовка к промежуточной аттестации (зачет). | Карлов Н. В., Кириченко Н. А. Начальные главы квантовой механики : учебное пособие. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. Гл. 1-3, с. 11-82 Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Квантовые технологии», Москва 2019, 26 с. https://digital.gov.ru/ru/documents/6650/ | 8 | 8,75 |
| Подготовка к семинарским занятиям. Подготовка реферата. | Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Квантовые технологии», Москва 2019, 26 с. https://digital.gov.ru/ru/documents/6650/ P.J. Dowling, J.G. Milburn. Quantum technology: the second quantum revolution. https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0206091 Knight P. Walmsley I. UK national quantum technology programme//Quantum Sci. Technol. 4 (2019) 040502 https://doi.org/10.1088/2058-9565/ab4346 Riedel M., Kovacs M. Europe's Quantum Flagship initiative// Quantum Sci. Technol. 4 (2019) 020501 https://doi.org/10.1088/2058-9565/ab042d Qiang Zhang, Feihu Xu et al. Quantum information research in China//Quantum Sci. Technol. 4 (2019) 040503 https://doi.org/10.1088/2058-9565/ab4bea Развитие современной России: проблемы воспроизводства и созидания : сборник научных трудов / под редакцией Р. М. Нуреева, М. Л. Альпидовской. — Москва : Финансовый университет, 2015. — 2242 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система; С. 82-89, 364-367, 533-542, 682-692, 2182-2187. С.Ю. Глазьев, В.В. Харитонов. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике // М.: «Тровант». 2009. – 304 с.; Гл.1, с 5-20; Гл.3, с. 36-110. | 8 | 23 |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи-тыва-ется в ПА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | Текущий контроль | Реферат | 1 | 40 | Рекомендуемые темы рефератов приведены в приложении. Студент может предложить свою тему или скорректировать имеющуюся с согласия преподавателя. На подготовку реферата отводится 8 недель во второй половине семестра. Крайний срок сдачи реферата - за две недели до окончания семестра. Максимальная оценка за реферат составляет 40 баллов. Максимальный балл за выполнение данного требования выставляется, если представленный материал достаточно полон, правильно отражает суть проблемы или ее текущий статус, изложен грамотно и в логической последовательности. Невыполнение одного или нескольких из перечисленных критериев ведет к соразмерному уменьшению оценки по отношению к максимально возможной. Присутствие в реферате заимствованного материала без ссылки на его источник ведет к исключению этого материала из процедуры оценки. Итоговая оценка за реферат получается суммированием фактического числа баллов, полученных за выполнение каждого из требований. Реферат зачитывается, если итоговая оценка за него не меньше 25 баллов. Критерии.<br>(1 балл) Титульный лист – как обычно: ВУЗ - кафедра – тема – автор и т.д..<br>(3 балла) Резюме, ключевые слова.<br>(1 балл) Оглавление (автоматически собираемое).<br>(5 баллов) Введение (мотивация к выполнению работы: чем интересна тема, что ожидается от решения связанных с нею проблем, в чем эти проблемы): 1.5-2 страницы.<br>(5 баллов) Физические основы метода или устройства (качественно, без длинных расчетов, основные соотношения, каких параметров нужно достичь).<br>(5 баллов) Обзор (анализ) литературных данных, характеризующих современное состояние исследований (минимум 5 литературных источников).<br>(3 балла) Ведущие центры разработки или производства (если есть).<br>(5 баллов) Заключение.<br>(2 балла) Список литературы: статья в журнале - авторы, название публикации, название журнала, выходные данные, DOI; Интернет-ресурс – автор, название, электронный адрес.<br>(10 баллов) Оформление реферата. Объем – до 20 страниц, включая рисунки, таблицы и | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | список использованной литературы. Текстовый редактор – Word. Шрифт – TimesNewRoman, 12 pt, интервал 1.15-1.5, поля -стандартные. Рисунки помещать в таблицу 2×1, сверху рисунок, снизу подрисуночная подпись. Максимальный размер рисунка 8×8 см. Подписи в поле рисунка должны быть на русском языке, шрифт – соизмеримый с размером шрифта основного текста. Одиночные рисунки должны обтекаться текстом. Рисунки близкого размера можно группировать в таблице2×2, без обтекания. | |
| 2 | 8 | Текущий контроль | Коллоквиум | 1 | 15 | Коллоквиум проводится по расписанию занятий во время, отведенное для проведения практических занятий и семинаров, в письменном виде. Продолжительность коллоквиума - один академический час (45 минут). Задание содержит три вопроса, касающихся: 1) понятия технологических укладов (ТУ), их содержания, появления, развития, истощения и смены, характера текущего и следующего за ним ТУ, ключевых технологий ТУ, 2) содержания квантовых технологий, их состояния и перспектив развития, 3) физических принципов работы имеющихся и перспективных квантовых устройств. Каждый вопрос оценивается максимум в 5 баллов. Эта оценка ставится, если вопрос освещен правильно, полно, грамотно и аккуратно оформлен. 4 балла ставится, если есть единичные недостатки и замечания по поводу критериев, перечисленных выше для максимальной оценки. 3 балла ставится, если: 1) ответ неполный, 2) представлен неграмотно, небрежно, изложение нелогично, 2 балла ставится, если: 1) ответ неправильный 2) работа недоступна для оценки ввиду низкого качества оформления. 1 балл ставится, если ответ содержит только следы элементов, составляющих ответ на вопрос. 0 баллов ставится за отсутствие ответа на вопрос. Итоговая оценка за коллоквиум получается суммированием баллов, полученных за ответы на все вопросы. | зачет |
| 3 | 8 | Проме-жуточная аттестация | Зачет | - | 45 | На зачете студент может повысить результаты текущего контроля, пройдя повторно коллоквиум (максимум 15 баллов) и/или предоставив законченную версию реферата (максимум 30 баллов). Критерии оценок коллоквиума и реферата приведены выше (контрольные мероприятия текущего контроля). Единственное отличие состоит в оценке реферата. Из набранных баллов | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | вычитается 10 баллов. Именно по этой причине максимальный балл составляет 30, а не 40. | |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|---|---|---|
| зачет | Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена по результатам текущего контроля. Студент может повысить свой рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, состоящее в повторном прохождении контрольных мероприятий текущего контроля. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| ОПК-1 | Знает: современное состояние и перспективы развития современных квантовых технологии | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Печатная учебно-методическая документация**

*а) основная литература:*

Не предусмотрена

*б) дополнительная литература:*

Не предусмотрена

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Квантовые технологии - вторая квантовая революция

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Квантовые технологии - вторая квантовая революция

**Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Развитие современной России: проблемы воспроизводства и созидания : сборник научных трудов / под редакцией Р. М. Нуреева, М. Л. Альпидовской. — Москва : Финансовый университет, 2015. — 2242 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/151972 Режим доступа: для авториз. пользователей |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---|---|---|
| Лекции | 447 (1) | Мультимедиа проектор |