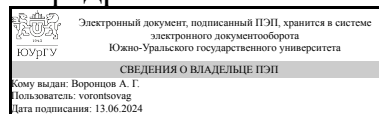


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



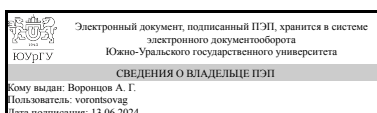
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М0.07.02 Квантово-статистические методы нанoeлектроники  
**для направления** 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Квантовая инженерия: материалы, электроника, коммуникации и вычисления  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Физика наноразмерных систем

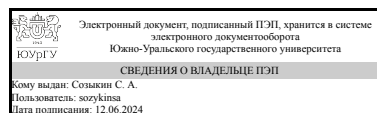
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

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



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



С. А. Созыкин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование способности студентов разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач с использованием современных языков программирования. Задачами дисциплины являются получение знаний об: 1) основных квантовомеханических законах и принципах функционирования нанoeлектронных систем; 2) использовании изученных методов при разработке алгоритмов решения задач.

## Краткое содержание дисциплины

1) Квантовые одночастичные и многочастичные задачи. 2) Термодинамика. Метод Монте-Карло. 3) Квантовые методы Монте-Карло.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                             | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | Знает: постановку задач в физике классических и квантовых систем, состоящих из многих частиц; принцип тождественности частиц в квантовой механике и следствия из него; метод вторичного квантования и представление чисел заполнения; методы Монте-Карло для исследования свойств классических и квантовых систем, в том числе и систем, рассматриваемых в электронике и фотонике.<br>Умеет: применять изученные методы для решения поставленных задач<br>Имеет практический опыт: применения метода Монте-Карло для решения типовых задач, не требующих больших вычислительных ресурсов |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                             | Перечень последующих дисциплин, видов работ           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Квазиклассические модели электронных устройств,<br>Твердотельные интеллектуальные датчики | Производственная практика (преддипломная) (4 семестр) |

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

| Дисциплина                                     | Требования                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Квазиклассические модели электронных устройств | Знает: принципы построения квазиклассических моделей электронных устройств и условия их применимости<br>Умеет: строить квазиклассические модели устройств<br>Имеет практический опыт: программной реализации |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | моделей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Твердотельные интеллектуальные датчики | Знает: принципы работы интеллектуальных твердотельных датчиков, их классификацию, основные параметры и характеристики; источники шума и способы выделения сигнала на фоне шума; стандартные интерфейсы и микропроцессоры, используемые в интеллектуальных датчиках Умеет: выбирать тип и характеристики твердотельных датчиков для решения поставленной задачи Имеет практический опыт: определения параметров твердотельных датчиков |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                            |             | Номер семестра                     |
|                                                                            |             | 3                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 72          | 72                                 |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 32          | 32                                 |
| Лекции (Л)                                                                 | 16          | 16                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                                  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 35,75       | 35,75                              |
| Подготовка к зачету                                                        | 19,75       | 19,75                              |
| Подготовка к контрольным работам                                           | 9           | 9                                  |
| Подготовка к докладу                                                       | 7           | 7                                  |
| 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         | Квантовые одночастичные и многочастичные задачи | 8                                         | 4 | 4  | 0  |
| 2         | Термодинамика. Метод Монте-Карло                | 10                                        | 4 | 6  | 0  |
| 3         | Квантовые методы Монте-Карло                    | 14                                        | 8 | 6  | 0  |

##### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Квантовые одночастичные и многочастичные задачи         | 4            |

|   |   |                                                                     |   |
|---|---|---------------------------------------------------------------------|---|
| 2 | 2 | Термодинамика. Метод Монте-Карло                                    | 4 |
| 3 | 3 | Дискретные квантовые алгоритмы Монте-Карло                          | 4 |
| 4 | 3 | Точные квантовые алгоритмы с отсутствием ошибки разложения Троттера | 4 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                        | Кол-во часов |
|-----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Матричная формулировка квантовой механики Формализм вторичного квантования. Представление чисел заполнения | 2            |
| 2         | 1         | Статистики Ферми и Бозе. Модель Хаббарда                                                                   | 2            |
| 3         | 2         | Статистическое описание системы многих частиц Статистика Больцмана, Ферми и Бозе. Плотность состояний.     | 2            |
| 4         | 2         | Методы Монте-Карло для физических систем Практическая реализация методов Монте-Карло                       | 2            |
| 5         | 2         | Траекторный квантовый алгоритм Монте-Карло Квантовый детерминантный метод Монте-Карло                      | 2            |
| 6         | 3         | Петлевые алгоритмы                                                                                         | 2            |
| 7         | 3         | Траекторный метод в непрерывном времени                                                                    | 2            |
| 8         | 3         | Континуальное интегрирование в непрерывном времени                                                         | 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 зачету              | Кашурников, В. А. Численные методы квантовой статистики : монография / В. А. Кашурников, А. В. Красавин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 628 с.: стр. 17 - 580.                                                                                                                                                                                             | 3       | 19,75        |
| Подготовка к контрольным работам | Кашурников, В. А. Численные методы квантовой статистики : монография / В. А. Кашурников, А. В. Красавин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 628 с.: стр. 17 - 580.                                                                                                                                                                                             | 3       | 9            |
| Подготовка к докладу             | 1) Кашурников, В. А. Численные методы квантовой статистики : монография / В. А. Кашурников, А. В. Красавин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 628 с.: стр. 17 - 580. 2) Алоджанц, А. П. Квантовая статистика сложных сетевых структур : учебное пособие / А. П. Алоджанц, А. Ю. Баженов, Д. В. Царёв. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. — 60 с.: стр. 5-56. | 3       | 7            |

## 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 3        | Текущий контроль         | Контрольная работа 1              | 1   | 6          | Контрольная работа состоит из 2 вопросов, предполагающих развернутый ответ. Задания оцениваются от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.                                                                                                        | зачет            |
| 2    | 3        | Текущий контроль         | Контрольная работа 2              | 1   | 6          | Контрольная работа состоит из 2 вопросов, предполагающих развернутый ответ. Задания оцениваются от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.                                                                                                        | зачет            |
| 3    | 3        | Текущий контроль         | Контрольная работа 3              | 1   | 6          | Контрольная работа состоит из 2 вопросов, предполагающих развернутый ответ. Задания оцениваются от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.                                                                                                        | зачет            |
| 4    | 3        | Текущий контроль         | Доклад                            | 1   | 3          | 3 балла: сдан конспект доклада и в ходе выступления студент продемонстрировал хорошее понимание сути обсуждаемых вопросов;<br>2 балла: сдан конспект доклада, но в ходе выступления студент продемонстрировал плохое понимание сути обсуждаемых вопросов;<br>1 балл: сдан только конспект, выступление не проводилось;<br>0 баллов: конспект доклада не сдан или он не в полной мере раскрывает тему. | зачет            |
| 5    | 3        | Промежуточная аттестация | Зачет                             | -   | 6          | Студент в ходе собеседования получает 3 вопроса. Ответ на каждый вопрос оценивается в 2 (полный верный ответ), 1 (ответ неполный) или в 0 (неверный ответ) баллов.                                                                                                                                                                                                                                    | зачет            |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                        | <p>Промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам текущего контроля. Студент может повысить свой рейтинг пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в форме собеседования. Экзаменатор задает студенту 3 вопроса. Очередной вопрос озвучивается после получения ответа на предыдущий вопрос. Вопросы являются достаточно узкими и подразумевают ответы в 2-3 предложения. Тематика вопросов соответствует списку вопросов для подготовки к зачету.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | № КМ |   |   |   |   |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-2        | Знает: постановку задач в физике классических и квантовых систем, состоящих из многих частиц; принцип тождественности частиц в квантовой механике и следствия из него; метод вторичного квантования и представление чисел заполнения; методы Монте-Карло для исследования свойств классических и квантовых систем, в том числе и систем, рассматриваемых в электронике и фотонике. | +    | + | + | + | + |
| ПК-2        | Умеет: применять изученные методы для решения поставленных задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | +    | + | + | + | + |
| ПК-2        | Имеет практический опыт: применения метода Монте-Карло для решения типовых задач, не требующих больших вычислительных ресурсов                                                                                                                                                                                                                                                     | +    | + | + | + | + |

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. Методические рекомендации

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

1. Методические рекомендации

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы            | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Кашурников, В. А. Численные методы квантовой статистики : монография / В. А. Кашурников, А. В. Красавин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 628 с. — ISBN 978-5-9221-1213-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2197">https://e.lanbook.com/book/2197</a> (дата обращения: 28.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.       |
| 2 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Алоджанц, А. П. Квантовая статистика сложных сетевых структур : учебное пособие / А. П. Алоджанц, А. Ю. Баженов, Д. В. Царёв. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. — 60 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/136441">https://e.lanbook.com/book/136441</a> (дата обращения: 28.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Барышников, В. И. Квантовая электроника : учебно-методическое пособие / В. И. Барышников, Т. А. Колесникова. — Иркутск : ИрГУПС, 2017. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/134655">https://e.lanbook.com/book/134655</a> (дата обращения: 28.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                            |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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 |
|---------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия и семинары | 305 (16) | Компьютер, проектор.                                                                                                                             |
| Лекции                          | 305 (16) | Компьютер, проектор.                                                                                                                             |