

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и  
методической работе  
В.Г.Шубаева

« 14 » 06 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки	09.03.02 Информационные системы и технологии
Направленность (профиль) программы	Цифровизация экономической деятельности
Уровень высшего образования	бакалавриат
Форма обучения	очная

Составитель:

\_\_к.т.н. Омелян А.В.

Санкт-Петербург  
2019

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ
5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ
6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
  - 7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины
  - 7.2. Организация самостоятельной работы
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
  - 9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса
10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ
11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 1. ЦЕЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины** «Квантовые технологии» заключается в изучении физических принципов представления и обработки информации на основе квантовых технологий, формировании у обучающихся умения оценивать вычислительные возможности квантовых компьютеров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.10 «Квантовые технологии» входит в состав той части первого блока данной ООП, которая формируется участниками образовательных отношений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции выпускника	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-7. Способен к анализу, синтезу и моделированию процессов функционирования информационных систем и технологий в научно-исследовательской области	ПК-7.1. Выполняет осмысление и оценку объектов научного труда	Обучаемый способен оценить преимущества обработки информации на основе инновационных научных технологий.

## 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов, из которых 80 часов самостоятельной работы обучающегося, согласно РУП, отводится на подготовку и сдачу зачета.

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет (с оценкой) – 6 семестр.

Распределение фонда времени по темам дисциплины представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение фонда времени по темам дисциплины

Номер и наименование тем <i>и/или разделов/тем</i>	Объем дисциплины (ак. часы)			
	Контактная работа			СРО
	ЗЛТ	ПЗ	ЛР	
<i>I</i>	2	3	4	5
Тема 1. Предмет квантовой электроники.	2			4
Тема 2. История создания квантовых генераторов.	2			4
Тема 3. Основные типы оптических переходов.	2	2		4
Тема 4. Коэффициенты Эйнштейна.	2	2		4
Тема 5. Механизм уширения спектральных линий.	2	2		4
Тема 6. Взаимодействие излучения с веществом.	2	2		4
Тема 7. Усиление излучения.	2	2		6
Тема 8. Коогерентное излучение	2	2		4
Тема 9. Процессы и системы накачки.	2	2		6
Тема 10. Основы теории лазерных резонаторов.	2	2		4
Тема 11. Газовые и твердотельные лазеры.	2	2		4
Тема 12. Свойства лазерного излучения.	2	2		4
Тема13. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления	2	2		6
Тема14. Основные экспериментальные модели квантовых вычислений.	2	2		6
Тема 15. Квантовые симуляторы.	2	2		4
Тема 16. Цифровые квантовые симуляторы.	2	2		4
Тема17. Физические системы на основе квантовой симуляции.	2			4
Тема 18. Экспериментальные реализации аналоговых квантовых симуляторов	2			4
Всего за семестр:	36	28		80
<b>Всего по дисциплине:</b>	<b>36</b>	<b>28</b>		<b>80</b>

\*ЗЛТ – занятия лекционного типа, ПЗ – все виды занятий семинарского типа, кроме лабораторных работ, ЛР – лабораторные работы, СРО – самостоятельная работа обучающегося

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Предмет квантовой электроники.

Роль информационных технологий на развития общества разных этапах его формирования. Влияние научных достижений на формирование информационного общества.

### Тема 2. История создания квантовых генераторов.

Структура вычислительной системы. Составляющие элементы вычислителя и их назначение. Представление информации для реализации автоматической обработки.

### **Тема 3.** Основные типы оптических переходов.

Схемные решения на основе полупроводниковых приборов для реализации основных логических функций, хранения информации, шифрации, дешифрации, двоичных счетчиков.

### **Тема 4.** Коэффициенты Эйнштейна.

Структура команды. Основные группы команд. Преобразование команд на элементах структуры Фон Неймана. Организация процесса в оперативной памяти.

### **Тема 5.** Механизм уширения спектральных линий.

Взаимодействие элементов вычислительной системы при организации вычислительного процесса.

### **Тема 6.** Взаимодействие излучения с веществом.

Физические основы представления информации в технических системах. Принципы построения полупроводниковых приборов, физические процессы протекающие в них.

### **Тема 7.** Усиление излучения.

Магнитные носители. Полупроводниковые технологии хранения информации. Магнитные носители информации. Петля Гистерезиса. Характеристика физических процессов при записи и чтении информации. Полупроводниковые накопители, принципы хранения информации.

### **Тема 8.** Коогерентное излучение.

Растровое формирование изображения. Физические явления и процессы, используемые при построении средств отображения информации. Различные типы мониторов.

### **Тема 9.** Процессы и системы накачки.

Различные физические процессы, используемые для ввода информации.

### **Тема 10.** Основы теории лазерных резонаторов.

Физические основы построения различных сред передачи информации. Среда передачи информации. Формирование среды передачи информации.

### **Тема 11.** Газовые и твердотельные лазеры.

Принцип генерации фотонов в однородной среде. Тело генерации излучения.

### **Тема 12.** Свойства лазерного излучения.

Спектральные, энергетические характеристики. Свойства по распространению в различных средах.

### **Тема 13.** Квантовые компьютеры и квантовые вычисления.

Основные экспериментальные модели квантовых вычислений. Физические среды для квантовых вычислений: отдельные атомы примеси в полупроводниках, квантовые ямы.

### **Тема 14.** Основные экспериментальные модели квантовых вычислений.

Элементы компьютера: регистры, квантовые провода, конверторы. в специально сконструированных конденсированных средах, имеющих

специально созданные ансамбли атомов или молекул с электронными или ядерным спином

**Тема 15.** Квантовые симуляторы.

Сложность задачи классической симуляции квантовых систем с большой размерностью Гильбертова пространства. Идея квантовых симуляторов. Цифровые квантовые симуляторы. Постановка задачи, формула Троттера. Эффективно симулируемые гамильтонианы.

**Тема 16.** Цифровые квантовые симуляторы.

Аналоговые квантовые симуляторы. Примеры задач и физические системы, используемые для симуляции.

**Тема 17.** Физические системы на основе квантовой симуляции.

Примеры: модель Бозе-Хаббарда для атомов в оптических решетках, экспериментальная симуляция уравнения Дирака.

**Тема 18.** Экспериментальные реализации аналоговых квантовых симуляторов.

Экспериментальные реализации аналоговых квантовых симуляторов: симуляторы на основе холодных ионов и нейтральных атомов, оптические квантовые симуляторы, квантовые симуляторы на основе сверхпроводящих кубитов.

## 6. ЗАНЯТИЯ СЕМИНАРСКОГО ТИПА

Таблица 6.1 – Практические занятия/ Семинарские занятия / Лабораторные работы

№ темы	Тема занятия	Вид занятия / Оценочное средство
1	2	3
2	Выбор темы для индивидуального доклада	ПЗ: <i>Решение практических задач</i>
3	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
4	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
5	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
6	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
7	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
8	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
9	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
10	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
11	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>
12	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>

№ темы	Тема занятия	Вид занятия / Оценочное средство
1	2	3
13	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	доклад
14	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	доклад

\* ПЗ – практические занятия, СЗ – семинарские занятия, ЛР – лабораторные работы

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### 7.1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Для формирования четкого представления об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине в самом начале учебного курса, обучающийся должен ознакомиться с учебно-методической документацией:

- рабочей программой дисциплины: с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, перечнем знаний и умений, которыми в процессе освоения дисциплины должен владеть обучающийся;

- порядком проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;

- графиком консультаций преподавателей кафедры.

Систематическое выполнение учебной работы на занятиях лекционных и семинарских типов, а также выполнение самостоятельной работы позволит успешно освоить дисциплину.

В процессе освоения дисциплины обучающимся следует:

- слушать, конспектировать излагаемый преподавателем материал;
- ставить, обсуждать актуальные проблемы курса, быть активным на занятиях;

- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений;

- выполнять задания практических занятий полностью и в установленные сроки.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, то обратиться к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на занятиях семинарского типа.

Обучающимся, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к данному занятию, рекомендуется не позже чем в 2 - недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме.

## 7.2. Организация самостоятельной работы

Под самостоятельной работой обучающихся понимается планируемая работа обучающихся, направленная на формирование указанных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия.

Методическое обеспечение самостоятельной работы при наличии обучающихся лиц с ограниченными возможностями представляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Виды самостоятельной работы по дисциплине представлены в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 – Организация самостоятельной работы обучающегося

№ темы	Виды самостоятельной работы
1	2
2	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
3	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
4	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
5	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
6	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
7	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
8	Выполнение домашних заданий по практическим занятиям
9	Подготовка к занятиям семинарского типа
10	Подготовка к занятиям семинарского типа
11	Подготовка к занятиям семинарского типа
12	Подготовка к занятиям семинарского типа
13	Подготовка к занятиям семинарского типа
14	Подготовка к занятиям семинарского типа
15	Подготовка к занятиям семинарского типа
16	Подготовка к занятиям семинарского типа
17	Подготовка к занятиям семинарского типа
18	Подготовка к занятиям семинарского типа

Каждый вид СРО, указанный в таблице 7.2.1 обеспечен методическими материалами.

Для обучающихся заочной формы обучения разработаны методические рекомендации по выполнению контрольных работ. Методические



рекомендации включают в себя все виды самостоятельной работы, предусмотренные для успешного освоения дисциплины.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В рамках реализации дисциплины «Квантовые технологии» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- лекция-дискуссия (тема № 1);
- проблемная лекция (темы № 2, 9, 10, 11);
- индивидуальные занятия на ПК (тема № 3,4,5,6,7,8);

Лекция-дискуссия проводится: по материалам лекций; по итогам практических занятий; по проблемам, предложенным самими студентами, или преподавателем, если студенты затрудняются; по событиям и фактам из практики изучаемой сферы деятельности.

Проблемная лекция – метод, при котором важнейшим показателем «проблемности» характера обучения является наличие познавательной проблемы. «Проблема» может быть сформулирована на основе материалов истории науки, социальной практики, в контексте предстоящей профессиональной деятельности. Лекция характеризуется проблемным изложением материала: преподаватель ставит вопрос или формулирует проблемную задачу и показывает варианты ответов или способов решения, а студенты наблюдают за поиском и определяют свое отношение к полученному материалу.

Индивидуальные занятия на ПК – метод предполагает выполнение индивидуальных заданий по изучению пакетов прикладных программ, языков программирования, информационно-коммуникационных технологий.

## 9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Таблица 9.1.1 – Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)	основная/ дополнительная литература	Книгообеспеченность	
		Кол-во экз. в библ. СПбГЭУ	Электронные ресурсы
Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учебное пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Электрон. дан. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. — 212 с.	основная	—	<a href="#">ЭБС ZNANIUM</a>
Информационно-телекоммуникационные и компьютерные технологии, устройства и системы: состояние и перспективы развития в Южном федеральном университете : монография /под ред И.А.Каляева, А.П.Кухаренко. — Электрон. дан. - Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2010. - 520 с.	основная	—	<a href="#">ЭБС ZNANIUM</a>
Ведринский, Р. В. Квантовая механика: учебник / Ведринский Р.В. — Электрон. дан. - Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2009. - 384 с.	дополнительная	—	<a href="#">ЭБС ZNANIUM.</a>
Белов, В. В. Алгоритмы и структуры данных: учебник / Белов В.В., Чистякова В.И. — Электрон. дан. - Москва : КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 240 с.:	дополнительная	—	<a href="#">ЭБС ZNANIUM</a>

Таблица 9.1.2 – Перечень современных профессиональных баз данных (СПБД)

№	Наименование СПБД
1	Электронная библиотека Grebennikon.ru – <a href="http://www.grebennikon.ru">www.grebennikon.ru</a>
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY – <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>
3	Научная электронная библиотека КиберЛеника – <a href="http://www.cyberleninka.ru">www.cyberleninka.ru</a>
4	База данных ПОЛПРЕД Справочники – <a href="http://www.polpred.com">www.polpred.com</a>
5	База данных OECD Books, Papers & Statistics на платформе OECD iLibrary – <a href="http://www.oecd-ilibrary.org">www.oecd-ilibrary.org</a>

Таблица 9.1.3 – Перечень информационных справочных систем (ИСС)

№	Наименование ИСС
1	Справочная правовая система КонсультантПлюс (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или <a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a> )
2	Справочная правовая система «ГАРАНТ» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или <a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a> )
3	Информационно-справочная система «Кодекс» (инсталлированный ресурс СПбГЭУ или <a href="http://www.kodeks.ru">www.kodeks.ru</a> )
4	Электронная библиотечная система BOOK.ru - <a href="http://www.book.ru">www.book.ru</a>
5	Электронная библиотечная система ЭБС ЮРАЙТ – <a href="http://www.urait.ru">www.urait.ru</a>
6	Электронно-библиотечная система ЗНАНИУМ (ZNANIUM) – <a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a>
7	Электронная библиотека СПбГЭУ – <a href="http://opac.unecon.ru">opac.unecon.ru</a>

## 9.2. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Таблица 9.2.1 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (ПО)

№	Наименование ПО
1	Microsoft Windows Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
2	Microsoft Office Professional (КОНТРАКТ № 244/20 «26» июня 2020 г.)
3	7-Zip (freeware)

Таблица 9.2.2 – Перечень учебных аудиторий для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения

Наименование учебных аудиторий, перечень оборудования и технических средств обучения	Адрес (местоположение) учебных аудиторий
Ауд. 2068 Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа и занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации). Специализированная мебель и оборудование: Учебная мебель на 94 посадочных места (столов 47шт., стульев 94шт.), рабочее место преподавателя, доска маркерная 1шт, кафедра 1шт., стол 1шт., стул 2шт. Компьютер Intel i3-2100 2.4 Ghz/500/4/Acer V193 19" - 1 шт., Акустическая система JBL CONTROL 25 WH - 2 шт., Экран с электропривод, DRAPER 96 - 1 шт.,	191023, г. Санкт-Петербург, ул. Канал Грибоедова, 30/32, литер «А», «Б», «Р»

Наименование учебных аудиторий, перечень оборудования и технических средств обучения	Адрес (местоположение) учебных аудиторий
Акустическая система - 1 шт., Доска магнитно-маркерная 100*200 - 1 шт., Мультимедийный проектор Panasonic PT-VX610E - 1 шт. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий: мультимедийные приложения к лекционным курсам и практическим занятиям, интерактивные учебно-наглядные пособия.	

## 10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

## **11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом и является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля).