

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
методической работе

Шубаева В.Г.
«28» августа 2020 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
2020

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
Всего по дисциплине:	36	28		80

*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>
13	Подготовка доклада и выступление по выбранной теме	<i>доклад</i>

№ темы	Тема занятия	Вид занятия / Оценочное средство
1	2	3
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. СПбГУ	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	—	ЭБС ZNANIUM
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	—	ЭБС ZNANIUM
Ведринский, Р. В. Квантовая механика: учебник / Ведринский Р.В. — Электрон. дан. - Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2009. - 384 с.	дополнительная	—	ЭБС ZNANIUM.
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	—	ЭБС ZNANIUM

Таблица 9.1.2 – Перечень современных профессиональных баз данных (СПБД)

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

Таблица 9.1.3 – Перечень информационных справочных систем (ИСС)

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

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).