

Санкт-Петербургский государственный университет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Введение в квантовые вычисления (семинар)
Introduction to Quantum Computing (seminar)

Язык(и) обучения

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 059710

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Сообщение сведений о вычислениях на квантовых компьютерах в объеме, необходимом для общего развития и решения теоретических и прикладных задач соответствующей направленности. Усвоение основных идей, понятий и фактов теории квантовых вычислений.

1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Общий курс Линейной Алгебры и тензорных произведений, «Дискретная теория вероятностей», «Алгоритмы».

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

Обучающийся должен овладеть теоретическим материалом в объеме, предусмотренном программой, уметь применять полученные знания при решении теоретических и прикладных задач, на основе анализа освоенных разделов: состояния квантовых компьютеров, вычислительная модель, основные квантовые алгоритмы, применение квантовых компьютеров для моделирования квантовых физических систем, квантовая теория сложности; уяснить логику и технику построения математической теории как фундамента самостоятельных научных исследований.

1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий

Практические занятия 30 часов, промежуточная аттестация (зачёт) 2 часа.

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------|------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|---|--------------|
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| | лекции | семинары | консультации | практические занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии преподавателя | сам. раб. с использованием методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | | |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 5-8 | 30 | | | | | | | 2 | | | | 34 | | 6 | | 32 | 2 |
| | 2-50 | | | | | | | 2-50 | | | | 1-1 | | 1-1 | | | |
| ИТОГО | 30 | | | | | | | 2 | | | | 34 | | 6 | | 32 | 2 |

| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------------|--|-------|
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| | Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | |
| Семестр 5-8 | | | зачёт | по графику промежуточной аттестации | | |

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Период обучения (модуль): Семестр 5-8

| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
|-------|---|---------------------------------|------------------|
| 1 | Основные понятия: математическая модель, простейший алгоритм | Лекции | |
| | | практические занятия | 4 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 4 |
| 2 | Вычислительная модель | Лекции | |
| | | практические занятия | 4 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 4 |
| 3 | Квантовые программы, базовые алгоритмы | Лекции | |
| | | практические занятия | 4 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 4 |
| 4 | Алгоритм Гровера | Лекции | |
| | | практические занятия | 4 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 4 |
| 5 | Алгоритм Шора | Лекции | |
| | | практические занятия | 4 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 6 |
| 6 | Симуляция квантовых систем на квантовых компьютерах | Лекции | |
| | | практические занятия | 5 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 6 |
| 7 | Квантовая теория сложности | Лекции | |
| | | практические занятия | 5 |
| | | в присутствии преподавателя | |
| | | по методическим материалам | 6 |
| 8 | Зачёт | промежуточная аттестация (ауд) | 2 |
| | | промежуточная аттестация (с.р.) | 6 |

Раздел 1. Основные понятия: математическая модель, простейший алгоритм

1. Описание состояния квантового бита.
2. Состояние квантового компьютера, тензорное произведение.
3. Замена базиса представления состояния
4. Разрешенные операции, унитарные операторы
5. Алгоритм Дойче-Йодза

Раздел 2: Вычислительная модель

1. Обратимые вычисления.
2. Простейшие квантовые операции.
3. Продвинутое квантовые операции.
4. Универсальный оператор.
5. Измерение степени запутанности состояния.

Раздел 3: Квантовые программы, базовые алгоритмы

1. Понятие квантовой программы.
2. Реализация сдвига на квантовых компьютерах.
3. Реализация Квантового преобразования Фурье.
4. Реализация разложений в других базисах.

Раздел 4: Алгоритм Гровера

1. Квантовый оракул.
2. Описание работы алгоритма Гровера.
3. Особенности реализации алгоритма Гровера.

Раздел 5: Алгоритм Шора

1. Описание работы алгоритма Шора.
2. Особенности реализации алгоритма Шора.

Раздел 6: Симуляция квантовых систем на квантовых компьютерах

1. Квантовые физические системы и трудности их численной реализации.
2. Расчет квантовых систем на квантовых компьютерах.
3. Квантовые компьютеры и перколяция
4. Квантовые компьютеры и модель Изинга

Раздел 7: Квантовая теория сложности

1. Квантовая машина Тьюринга
2. Особенности квантовых языков программирования
3. Классы сложности квантовых вычислений

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Посещение семинарских занятий.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Основная и дополнительная литература

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Методика проведения зачёта

Зачет проводится в устной форме. Для получения зачета студент должен сделать доклад на семинаре. Преподаватель задает вопросы по теме доклада, а также дополнительные вопросы по другим темам, изложенным в курсе.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Период обучения (модуль): **Семестр 5-8**

Темы докладов на семинарах:

1. Описание состояния квантового бита.
2. Состояние квантового компьютера, тензорное произведение.
3. Замена базиса представления состояния
4. Разрешенные операции, унитарные операторы
5. Алгоритм Дойче-Йодза
6. Обратимые вычисления в классических компьютерах.
7. Простейшие квантовые операции.
8. Продвинутое квантовые операции.
9. Универсальный оператор.
10. Измерение степени запутанности состояния.
11. Понятие квантовой программы.
12. Реализация сдвига на квантовых компьютерах.
13. Реализация Квантового преобразования Фурье.
14. Реализация разложений в других базисах.
15. Квантовый оракул.
16. Описание работы алгоритма Гровера.
17. Особенности реализации алгоритма Гровера.
18. Описание работы алгоритма Шора.
19. Особенности реализации алгоритма Шора.
20. Квантовые физические системы и трудности их численной реализации.
21. Расчет квантовых систем на квантовых компьютерах.
22. Квантовые компьютеры и перколяция
23. Квантовые компьютеры и модель Изинга
24. Квантовая машина Тьюринга
25. Особенности квантовых языков программирования
26. Классы сложности квантовых вычислений

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

не требуется

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, должны вмещать поток в соответствии со списком студентов

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

доска для письма мелом или фломастером, проектор

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

не требуется

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

не требуется

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Мел — не менее 1 куски на час лекционных занятий, фломастеры для доски, губка

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая связь. Москва, Мир, 2006.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Williams, Colin P. Explorations in Quantum Computing. Springer-Verlag London, 2011.
2. Scott Aaronson. Quantum Computing since Democritus. Cambridge University Press, 2013.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

не предусмотрен

Раздел 4. Разработчики программы

Тихомиров Сергей Борисович, доктор физ.-мат. наук, доцент по направлению «Математика» Санкт-Петербургского Государственного Университета.