Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра высшей математики и физики

Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

# Б1.О.07.04 Физика квантовых компьютеров

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

**09.03.03 Прикладная информатика**

Направленность (профиль):

**«Прикладные информационные системы и технологии»**

Уровень:
**Бакалавриат**

Форма обучения
**Очная**

**Рассмотрена и утверждена на заседании**
**кафедры высшей математики и физики**
**5 апреля 2023 г., протокол № 09**
**Заведующий кафедрой _____ Зайцева И.В.**

**Автор-разработчик:**
**Потапова И. А.**

Санкт-Петербург 2023

**1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины**

Основным методом обучения в дисциплине «Физика квантовых компьютеров» является проблемный метод, вторичными методами обучения являются модульно-дозированный и объяснительно-иллюстративный. Применение модульно-дозированного метода обучения позволяет студентам последовательно усваивать разделы (модули), логически завершенные части курса «Физика квантовых компьютеров», которые заканчиваются контролем в виде контрольной работы или теста. Модульная технология способствует лучшему усвоению учебного материала. Важным условием успешного освоения дисциплины является создание обучающимися системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком образовательного процесса. Все задания к практическим (лабораторным) занятиям, а также задания, вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующей темы лекционного курса, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях, систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к овладению новыми знаниями и навыками.

**2. Рекомендации по контактной работе**

2.1.Работа на лекциях

Лекции составляют основу теоретического обучения и дают систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрируют внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируют их активную познавательную деятельность и способствуют формированию творческого мышления.

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки основных дефиниций, законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Конспект лекции необходимо подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т. п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

2.2.Работа на лабораторных ( практических) занятиях.

Лабораторные занятия имеют целью практическое освоение студентами научно-теоретических положений изучаемой дисциплины, овладение ими техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой. Логическая связь лекций и практических (лабораторных) занятий заключается в том, что информация, полученная на лекции, в процессе самостоятельной работы на практическом занятии осмысливается и перерабатывается, при помощи преподавателя анализируется до мельчайших подробностей, после чего прочно усваивается. Для подготовки к лабораторной работе необходимо выполнить допуск. Допуск к лабораторной работе выполняется в тетради для лабораторных (практических) занятий.

**Указания по составлению допуска к лабораторной работе**

Допуск содержит разделы, расположенные в следующем порядке.

***1. Наименование лабораторной работы.***

- *Фамилия, имя, отчество* студента, выполнившего работу, *название факультета, номер учебной группы, дата;*
- *Название лабораторной работы*, ее номер.

***2. Цели и задачи лабораторной работы.*** Приводится формулировка цели лабораторной работы и перечисляются:

- *физические законы*, проверяемые в эксперименте;
- полные наименования измеряемых *физических величин*.

***3. Метод измерения.*** Кратко описывается *физический принцип*, положенный в основу метода измерения физических величин, которые указаны в целях и задачах работы. Приводится *схема экспериментальной установки* с краткими пояснениями и обязательным указанием использованных обозначений.

***4. Измерительные приборы и инструменты.*** В таблицу заносятся характеристики *всех измерительных средств*, используемых при выполнении измерений в работе.

***5. Рабочие формулы.*** Приводятся *только* рабочие формулы, по которым будут рассчитываться результаты косвенных измерений. Для всех буквенных обозначений физических величин *обязательно* указывается их полное наименование.

***8. Таблицы результатов прямых измерений.***

Подготовить таблицу, в которую будут заноситься результаты измерений

***9. Формулы для вычисления результатов прямых измерений.***

Записываются формулы случайной и суммарной погрешности.

***10. При определении значений параметров линейной зависимости y = f(x) с помощью графика приводятся формулы для параметров a и b линейной зависимости и их погрешностей***

***11. Формулы для вычисления результатов косвенных измерений***

***12. Формулы для вычисления погрешностей косвенных измерений.*** Приводится вывод формул для расчета частных погрешностей. Приводится формула полной погрешности косвенного измерения.

По выполнению лабораторной работы, контрольного задания студенты представляют отчет и защищают его.

Указания по составлению отчета и обработке результатов измерений физических величин приведены в учебном пособии

*Фокин С.А., Бармасова А.М., Мамаев М.А.* Обработка результатов измерений физических величин. Учебное пособие для лабораторного практикума по физике. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 62 с.

Защищенные отчеты студентов хранятся на кафедре до завершения изучения дисциплины.

## 3. Рекомендации по самостоятельной работе

Общие методические указания

Самостоятельная работа является неотъемлемой частью учебной деятельности студента. Она проводится с целью закрепления и углубления полученных знаний и навыков обучающихся, поиска и приобретения ими новых знаний.

3.1. Самостоятельная работа с лекционным материалом

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

3.2.Подготовка к практическим (лабораторным) занятиям

В процессе подготовки к практическим занятиям необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита

аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала.

3.3. Подготовка реферата (доклада)

Работы должны быть оформлены в текстовом редакторе Word по правилам написания НИР, подготовленные к печати. Работы, оформленные не по правилам, не принимаются. Доклады сдаются в виде файла с готовой презентацией (при наличии комментариев к слайдам они распечатываются в текстовом редакторе Word по правилам написания НИР (создается отдельный файл).

3.4. Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

4.Работа с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

При работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;

| № п/п | Раздел и тема дисциплины | Основная литература | Дополнительная литература |
|---|---|---|---|
| 1 | Введение. Физические основы квантовых компьютеров. | 1. Физика квантовой информации под редакцией Д. Боумейстера, А. Экерта и А Цайлингера. М.: Постмаркет, 2002<br>2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.<br>3. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб: Лань, 2011.<br>4. Прескилл, Дж., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Т. 2; НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Москва; 2011<br>5. Прескилл , Дж., Нечаева, Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления: [в 2 т.]. Т. 2. ; | 1. Боуместер, Д., Кулик, С. П., Цайлингер, А., Шапиро, Е. А., Экерт, А.; Физика квантовой информации. Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления; Постмаркет, Москва; 2002<br>2. Прескилл Д., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 1. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт Компьютерных Исследований, Москва ; Ижевск; 2008<br>3. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. М.: МГТУ, 2008.<br>4. Прескилл , Дж., Нечаева, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011<br>6. Кайе Ф., Лафламм Р., Моска М., Никитина, Т. С., Анохин, А. В.; Введение в квантовые вычисления; Институт компьютерных исследований: Регулярная и хаотичная динамика, Москва; Ижевск; 2009<br>7. Зеленовский П. С. Основы интегральной и волоконной оптики: Учебное пособие. М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. | Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 2. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011 |
| 2 | Моделирование физических процессов и их реализация. | 1. Физика квантовой информации под редакцией Д. Боумейстера, А. Экерта и А Цайлингера. М.: Постмаркет, 2002<br>2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.<br>3. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб: Лань, 2011.<br>4. Прескилл, Дж., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Т. 2; НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Москва; 2011<br>5. Прескилл , Дж., Нечаева, Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления: [в 2 т.]. Т. 2. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011<br>6. Кайе Ф., Лафламм Р., Моска М., Никитина, Т. С., Анохин, А. В.; Введение в квантовые вычисления; Институт компьютерных исследований: Регулярная и хаотичная динамика, Москва; Ижевск; 2009<br>7. Зеленовский П. С. Основы интегральной и волоконной оптики: Учебное пособие. М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. | 1. Боуместер, Д., Кулик, С. П., Цайлингер, А., Шапиро, Е. А., Экерт, А.; Физика квантовой информации. Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления; Постмаркет, Москва; 2002<br>2. Прескилл Д., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 1. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт Компьютерных Исследований, Москва ; Ижевск; 2008<br>3. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. М.: МГТУ, 2008.<br>4. Прескилл , Дж., Нечаева, Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 2. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Применение основных физических законов в квантовых компьютерах. | 1. Физика квантовой информации под редакцией Д. Боумейстера, А. Экерта и А Цайлингера. М.: Постмаркет, 2002<br>2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.<br>3. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: Учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб: Лань, 2011.<br>4. Прескилл, Дж., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Т. 2; НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Москва; 2011<br>5. Прескилл , Дж., Нечаева, Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления: [в 2 т.]. Т. 2. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011<br>6. Кайе Ф., Лафламм Р., Моска М., Никитина, Т. С., Анохин, А. В.; Введение в квантовые вычисления; Институт компьютерных исследований: Регулярная и хаотичная динамика, Москва; Ижевск; 2009<br>7. Зеленовский П. С. Основы интегральной и волоконной оптики: Учебное пособие. М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. | 1. Боуместер, Д., Кулик, С. П., Цайлингер, А., Шапиро, Е. А., Экерт, А.; Физика квантовой информации. Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления; Постмаркет, Москва; 2002<br>2. Прескилл Д., Нечаева, Т. С., Епифанов, С. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 1. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт Компьютерных Исследований, Москва ; Ижевск; 2008<br>3. Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. М.: МГТУ, 2008.<br>4. Прескилл , Дж., Нечаева, Т. С., Новокшонов, С. Г.; Квантовая информация и квантовые вычисления : [в 2 т.]. Т. 2. ; Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, Москва ; Ижевск; 2011 |

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 24/25 учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры прикладной информатики от 27.06.2024 №6

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 25/26 учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры прикладной информатики от 20.06.2025 №6

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 26/27 учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры прикладной информатики от 11.06.2026 №12

*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены изменения