

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2025 15:45:47
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«23» *декабрь* 2020 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Квантовая информатика»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Направленность (профиль) – «Элементная база наноэлектроники»

2020 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК- 1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.037 Специалист по разработке технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники

Обобщенная трудовая функция: Разработка концепции технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов.

Трудовые функции: Е/02.7 «Разработка технического задания на выбор полупроводниковых структур и вспомогательных материалов для реализации приборов с заданными параметрами»

40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами

Обобщенная трудовая функция: Осуществление технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей.

Трудовые функции: С/01.7 «Организация выполнения научно-исследовательских работ в соответствии с тематическим планом отдела (отделения)».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.КИ «Способен формулировать цели и задачи научных исследований с учётом особенностей квантовой информатики»	–сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; –разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере; –подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по резуль-	Знания: - Принципа дополнительности Н. Бора, статистической интерпретации прямого и обратного преобразований Фурье, координатного и импульсного распределений; - Квантового бита (кубита) и его свойств; - Квантового логического вентиля; - Основ квантовой криптографии; - Передачи информации в квантовых линиях связи; - Основных алгоритмов квантовой информатики; - Экспериментальной реализации квантового компьютера;

	татам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Решать задачи, связанные с произвольными однокубитовыми состояниями, а также задачи, сводящиеся к простым двухкубитовым и многокубитовым преобразованиям; - Читать и рассчитывать несложные квантовые цепи, анализировать и разрабатывать простые квантовые алгоритмы; <p>Опыт деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опыт решения творческих практических задач, встречающихся в реальной профессиональной деятельности специалиста по нанoeлектронике, занятого разработкой квантовых компьютеров;
--	--	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении дисциплин Математический анализ, Линейная алгебра, Дифференциальные уравнения, Теория функций комплексной переменной, Физика. Электричество и магнетизм, Физика. Оптика, Квантовая механика, Статистическая физика.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	-	-	48	60	За
2	3	3	108	-	-	32	40	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основы квантовой информатики	-	-	48	60	Контроль выполнения практического задания
2. Квантовые компьютеры их применение	-	-	32	40	Контроль выполнения практического задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Статистическая интерпретация прямого и обратного преобразований Фурье, координатное и импульсное распределения.
	2	2	Характеристическая функция, вычисление среднего и моментов, неполнота классической и полнота квантовой статистики.
	3	2	Неравенство Коши- Буняковского для векторов состояния и его статистическая интерпретация, неравенство Коши-Буняковского в приложении к случайным величинам
	4	2	Постулаты квантовой информатики.
	5-6	4	От квантовой информатики к квантовой физике: алгоритмы и проблема сложности в вычислительной математике.
	7-8	4	Квантово-механические основания информатики, пространство состояний в квантовой механике, гильбертово пространство.
	9	2	Кубит, N-разрядный квантовый регистр.
	10	2	Одно- и двухкубитные преобразования.
	11	2	Квантовый вентиль.
12	2	Квантовый параллелизм.	

	13-14	4	Различные физические реализации квантового параллелизма, векторная алгебра в гильбертовом пространстве.
	15	2	Унитарные преобразования и эволюция состояний.
	15-16	4	Теорема о невозможности клонирования неизвестного квантового состояния.
	17-18	4	Состояния Белла.
	19-20	4	Парадокс Эйнштейна – Подольского – Розена.
	21-22	4	Неравенство Белла.
	23-24	4	Сущность кубита, одно и двухкубитовые преобразования.
2	1-2	4	Поисковый алгоритм Гровера.
	3-4	4	Алгоритм факторизации Шора.
	5-6	4	Алгоритм Дойча.
	7-8	4	Алгоритм Дойча – Джоза.
	9	2	Квантовое кодирование и сжатие данных в квантовом канале.
	10	2	Квантовая телепортация.
	11	2	Квантовая криптография.
	12	2	Недостатки классических криптосистем относительно квантовых компьютеров.
	13	2	Квантовое распределение ключа.
	14	2	Протокол BB84.
	15	2	Другие протоколы.
	16	2	Перспективы квантовой информатики и квантовых вычислений.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	5	Работа с конспектом практических занятий.
	10	Разбор задач, решённых на семинарах.
	45	Выполнение практического задания (решение практико-ориентированных задач) на темы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Введение в квантовую информатик. 2. Кубиты и преобразования над ними. 3. Квантовые алгоритмы. 4. Квантовая связь.
2	5	Работа с конспектом практических занятий.

	5	Разбор задач, решённых на семинарах.
	30	Выполнение практического задания (решение практико-ориентированных задач) на темы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Квантовая криптография. 2. Декогерентизация квантовых состояний. Исправление ошибок в квантовых вычислениях. 3. Экспериментальные реализации моделей квантовых компьютеров.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1

1. Теоретический материал по тематике практических занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Дополнительные материалы к дисциплине: презентации, статьи.
4. Список учебной литературы.

Модуль 2

1. Теоретический материал по тематике практических занятий.
2. Методические указания студентам.
3. Дополнительные материалы к дисциплине: презентации, статьи.
4. Список учебной литературы.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Белинский А.В. Квантовые измерения: Учеб. пособие / А.В. Белинский. - 3-е изд., электронное. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 185 с. - (Физика). - URL: <https://e.lanbook.com/book/66337> (дата обращения: 15.12.2020). - ISBN 978-5-9963-2549-8.
2. Богданов Ю.И. Физико-статистические основы квантовой информатики : Учеб. пособие / Ю.И. Богданов; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 128 с. - Имеется электронная версия издания.

Периодические издания:

1. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК : Научный журнал / Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Редакция журнала УФН. - М. : РАН, 1918 - . - URL:<http://ufn.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.
2. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. - URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: по подписке МИЭТ.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Web of Science [v.5.35]: сайт. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 27.11.2020).
3. MATLAB : [раздел сайта] // MathWorks : [сайт]. - 1994-2020. - URL: <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата обращения: 27.11.2020)
4. APS Physics: [сайт] / American Physical Society Sites. - URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

В ходе реализации обучения используются технологии смешанного обучения.

Применяется модель смешанного обучения «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен самостоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с помощью дискуссий и решения практических задач. Работа поводится по следующей схеме: СРС (онлайновая преподавательная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, решение практических задач с опорой на результаты самостоятельной работы) - обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, zoom-консультации.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в системе ОРИОКС.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-1.КИ «Способен формулировать цели и задачи научных исследований с учётом особенностей квантовой информатики».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение семинаров обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором по расписанию, заранее согласованному со студентами.

Цель семинаров – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель, ведущий семинары, предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации.

На семинарах, проводимых в диалоговом режиме, студенты получают специальные знания для закрепления предмета посредством разбора и решения модельных задач. Каж-

дая задача представляет собой миниатюрную исследовательскую проблему, а процесс ее решения моделирует научно-исследовательскую работу.

Общая характеристика семинара-дискуссии. Основное содержание обучения на семинаре-дискуссии: совместное решение учащимися эвристических учебных задач. Задача педагога - обеспечить активное включение студентов в поисковую учебно-познавательную деятельность, организованную на основе внутренней мотивации. Учебная деятельность организуется как деятельность коллективно-распределенная, развернутая в атмосфере коллективного размышления, в ситуации дискуссии и совместных поисков, когда студенты обсуждают различные варианты решения задачи.

Студентам рекомендуется осуществлять поиск в научной периодике дополнительной информации по теме семинара с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем.

Студенты в течение двух семестров (второго и третьего) выполняют практические задания - решают практико-ориентированные задачи на заданные темы. Сдача на проверку решённых задач происходит на семинарах в соответствии с графиком контрольных мероприятий в ОРИОКС.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.


Баллами оцениваются:

- во 2 семестре выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 52 балла), активность в семестре (16 баллов), сдача зачёта (32 баллов);
- в 3 семестре выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 30 баллов), активность в семестре (30 баллов), сдача экзамена (40 баллов);

Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий доступны в журнале успеваемости в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор каф. КФН



/Богданов Ю.И./

Ст. преподаватель



/ А. Е. Широков /

Рабочая программа дисциплины «Квантовая информатика» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Элементная база нанoeлектроники» разработана на кафедре квантовой физики и нанoeлектроники (КФН) и утверждена на заседании кафедры 17 декабря 2020 года, протокол № 12

Заведующий кафедрой КФН  /А. А. Горбачевич/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки  / Т.П. Филиппова /