

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
КВАНТОВАЯ ИНФОРМАТИКА (QUANTUM INFORMATICS)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	5	180	8	40	0		96	0	Э
Итого	5	180	8	40	0	0	96	0	

АННОТАЦИЯ

Современная научная литература, посвященная как теоретическим проблемам, так и обсуждению экспериментальных результатов, широко использует понятийный аппарат квантового компьютеринга. Необходимым условием эффективного участия в научно-исследовательском процессе становится знакомство с этим понятийным аппаратом и основными теоретическими моделями, используемыми при постановке эксперимента и интерпретации экспериментальных данных.

«Квантовая информатика» - фундаментальная естественно-научная дисциплина, изучающая современные методы физических основ квантовой информатики.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины при подготовке студентов - формирование научной основы для адекватного понимания современной научной литературы, осознанного и целенаправленного использования студентами в своей последующей профессиональной деятельности современных результатов в области физики твердого тела, полупроводников и твердотельных наноструктур.

Задачами курса служат расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения современных методов квантового компьютеринга, практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями квантового компьютеринга.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса, являются опорными для изучения дисциплин «Квантовая теория твёрдого тела», «Физические основы нанотехнологий» и др.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			

анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	ПК-1.1 [1] - Способен применять представления, концепции и модели физики конденсированного состояния в самостоятельной научно-исследовательской работе в области электроники и нанoeлектроники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1.1[1] - Знать основные сведения из физики конденсированного состояния, в особенности физики полупроводников, имеющие отношения к принципам функционирования приборов электроники и нанoeлектроники; У-ПК-1.1[1] - Уметь применять представления, концепции и модели физики конденсированного состояния в самостоятельной научно-исследовательской работе в области электроники и нанoeлектроники; В-ПК-1.1[1] - Владеть основными экспериментальными и теоретическими методами физики конденсированного состояния, используемым для исследования материалов и приборов электроники и нанoeлектроники
разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические	ПК-1 [1] - способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных	З-ПК-1[1] - Знать: современное состояние, тенденции и перспективы развития электроники, нанoeлектроники и смежных областей науки и техники. ; У-ПК-1[1] - Уметь: формулировать цели и

	<p>процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>	<p>областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники, нанoeлектроники, физики конденсированных сред и других смежных областей науки и техники; В-ПК-1[1] - Владеть: навыками обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач в области электроники и нанoeлектроники</p>
<p>анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников</p>	<p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и</p>	<p>ПК-7 [1] - способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-7[1] - Знать: современное состояние научно-технических проблем в области электроники и нанoeлектроники ; У-ПК-7[1] - Уметь: анализировать состояние научно-технической проблемы путём изучения и анализа литературных и патентных источников.; В-ПК-7[1] - Владеть: навыками сбора научно-технической информации, необходимой для проведения</p>

	<p>наноэлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>		исследований.
--	--	--	---------------

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Введение в квантовую информатику. Квантовые вычисления и коммуникации	1-8	4/20/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Квантовая криптография и физические ограничения. Экспериментальные реализации	9-16	4/20/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-7, У-ПК-7,

							В-ПК-7
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		8/40/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	8	40	0
1-8	Введение в квантовую информатику. Квантовые вычисления и коммуникации	4	20	0
1 - 2	Введение в квантовую информатику 1.1 Алгоритмы и проблема сложности в вычислительной математике 1.2 Квантово-механические основания информатики 1.3 Гильбертово пространство. Унитарные преобразования и эволюция состояний 1.4 Суперпозиция и сцепленность квантовых состояний 1.5 Когерентность квантовых состояний и её распад (декогерентизация)	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Квантовый процессор 2.1 Кубит. N-разрядный квантовый регистр 2.2 Одно- и двухкубитные преобразования 2.3 Квантовый вентиль 2.4 Квантовый параллелизм	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Квантовые вычисления 3.1 Вычисления как управляемая эволюция состояния квантового регистра 3.2 Квантовые алгоритмы: 3.2.1 Поисковый алгоритм Гровера 3.2.2 Алгоритм факторизации Шора	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0

7 - 8	Квантовые коммуникации 4.1 Квантовое кодирование и сжатие данных в квантовом канале 4.2 Квантовая телепортация	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
9 - 10	Квантовая криптография 5.1 Стандартные криптосистемы 5.2 Квантовое распределение ключа	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
11 - 12	Физические ограничения в квантовых вычислениях 6.1 Коррекция ошибок квантового процессора 6.2 Требования к кандидатам на роль кубитов в квантовом компьютере	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
13 - 16	Обзор экспериментальных реализаций 7.1 Ионные ловушки 7.2 Квантовые точки 7.3 Квантовый электромагнитный резонатор 7.4 Молекулярный ансамбль ядерных спинов	Всего аудиторных часов		
		2	10	0
		Онлайн		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Использование активных и интерактивных форм проведения занятий и инновационных технологий обучения (цели их использования; раздел, тема при изучении которых применяются активные и интерактивные формы/технология проведения занятий)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
-------------	---------------------	-----------------------------------

ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.1	З-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С 12 Основы теоретической физики. В 2-х тт. Том 2. Квантовая механика : учебное пособие, Савельев И. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ П 76 Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография, Коваленко И. И., Прилипко В. К., Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 П 27 Элементарное введение в квантовые вычисления : , Перри Р., Долгопрудный: Интеллект, 2018

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Студентам рекомендуется исправно посещать занятия, внимательно слушать преподавателя и при необходимости задавать вопросы, стараясь добиться полного и ясного понимания материала. Требуется тщательно конспектировать лекционный материал в удобной и доступной для восприятия форме. Необходимо уделять время самостоятельной работе, изучению рекомендуемой литературы и при необходимости поиску дополнительных источников информации. Рекомендуется также повторить материал, изученный в бакалавриате, в особенности по квантовой механике.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Преподавателю рекомендуется активно взаимодействовать со студентами, отвечать на разумные вопросы и обеспечить по возможности полное понимание излагаемого материала. При этом стоит учитывать предварительно приобретенные в бакалавриате знания и умения, при необходимости делать акцент на наименее знакомых большинству студентов темах курса. Особое внимание при изложении материала следует уделять вопросам практического и

приборного применения затрагиваемых физических процессов, с целью повышения мотивации студентов к его усвоению.

Автор(ы):

Богданов Юрий Иванович