

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**КВАНТОВАЯ ИНФОРМАТИКА**

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, экс./зач./КР/КП
1	3	108	20	24	0		64	0	3
Итого	3	108	20	24	0	0	64	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 - 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

Изучение дисциплины «Квантовая информатика» опирается на знания, полученные студентами в ходе изучения квантовой механики.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса, являются опорными для изучения таких дисциплин, как «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			

<p>разработка алгоритмов для моделирования характеристик материалов и приборов электроники и наноэлектроники, а также их программная реализация с использованием современных языков программирования</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 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>	<p>ПК-2 [1] - способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.007</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать: современные языки программирования, компьютерных технологий, математических методов моделирования и прикладных программных макетов, основ информационной безопасности. ; У-ПК-2[1] - Уметь: разрабатывать эффективные алгоритмы компьютерного моделирования в области электроники и наноэлектроники. ; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками программной реализации алгоритмов решения задач электроники и наноэлектроники.</p>
<p>организация и проведение экспериментальных исследований, технологических и измерительных операций, необходимых для создания и изучения свойств материалов,</p>	<p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические</p>	<p>ПК-4 [1] - способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов</p> <p><i>Основание:</i></p>	<p>З-ПК-4[1] - Знать: современные экспериментальные методы в области физики конденсированного состояния, электроники и наноэлектроники ; У-ПК-4[1] - Уметь:</p>

элементной базы и приборов электроники и наноэлектроники	процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и 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.	Профессиональный стандарт: 40.011	проводить экспериментальные исследования в электронике и наноэлектронике с применением современных средств и методов.; В-ПК-4[1] - Владеть: компьютерными технологиями в применении к экспериментальным исследованиям в электронике и наноэлектронике
---	---	-----------------------------------	--

#### 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	10/12/0		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-

							4, У- ПК-4, В- ПК-4
2	Квантовая криптография и физические ограничения. Экспериментальные реализации	9-16	10/12/0		25	КИ-16	3-ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК-4, У- ПК-4, В- ПК-4
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		20/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b>				50	3	3-ПК-2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК-4, У- ПК-4, В- ПК-4

\* – 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
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	20	24	0
1-8	<b>Введение в квантовую информатику. Квантовые вычисления и коммуникации</b>	10	12	0
1 - 2	<b>Введение в квантовую информатику</b> 1.1 Алгоритмы и проблема сложности в вычислительной	Всего аудиторных часов		
		2	3	0

	математике 1.2 Квантово-механические основания информатики 1.3 Гильбертово пространство. Унитарные преобразования и эволюция состояний 1.4 Суперпозиция и сцеплённость квантовых состояний 1.5 Когерентность квантовых состояний и её распад (декогерентизация)	Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Квантовый процессор</b> 2.1 Кубит. N-разрядный квантовый регистр 2.2 Одно- и двухкубитные преобразования 2.3 Квантовый вентиль 2.4 Квантовый параллелизм	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Квантовые вычисления</b> 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		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Квантовые коммуникации</b> 4.1 Квантовое кодирование и сжатие данных в квантовом канале 4.2 Квантовая телепортация	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Квантовая криптография и физические ограничения. Экспериментальные реализации</b>	10	12	0
9 - 10	<b>Квантовая криптография</b> 5.1 Стандартные криптосистемы 5.2 Квантовое распределение ключа	Всего аудиторных часов		
		3	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Физические ограничения в квантовых вычислениях</b> 6.1 Коррекция ошибок квантового процессора 6.2 Требования к кандидатам на роль кубитов в квантовом компьютере	Всего аудиторных часов		
		3	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	<b>Обзор экспериментальных реализаций</b> 7.1 Ионные ловушки 7.2 Квантовые точки 7.3 Квантовый электромагнитный резонатор 7.4 Молекулярный ансамбль ядерных спинов	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна чение	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-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	З, 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 твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская
75-84		C	
70-74		D	

			существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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	3 – «удовлетворительно»	Е	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	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, Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ П 76 Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография, Санкт-Петербург: Лань, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 53 П 27 Элементарное введение в квантовые вычисления : , 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