

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 (QUANTUM INFORMATICS)**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

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	2	72	16	0	8	48	0	3
2	3	108	15	15	0	78	0	3
Итого	5	180	31	15	8	40	126	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.

Цель изучения дисциплины при подготовке специалистов, бакалавров и магистров - 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.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

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.

Цель изучения дисциплины при подготовке специалистов, бакалавров и магистров - 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 твердого 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			
Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований, построение физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений в рамках предметной области по профилю специализации	Природные и социальные явления и процессы	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044	З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного

			коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-2 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044	3-ПК-2[1] - Знать методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.
	инновационный;		
Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий  <i>Основание:</i> Профессиональный	3-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь

		стандарт: 40.034	применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
производственно-технологический			
Квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-6.1 [1] - Способен творчески использовать полученные знания в области физики конденсированных сред, применять, анализировать и развивать методы математической и теоретической физики, математического моделирования и теоретического исследования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044	З-ПК-6.1[1] - Знать фундаментальные и прикладные основы физики конденсированных сред, методы математической и теоретической физики, математического моделирования и теоретического исследования; У-ПК-6.1[1] - Уметь творчески использовать знания в области физики конденсированных сред, применять, анализировать и развивать методы математической и теоретической физики, математического

			моделирования и теоретического исследования; В-ПК-6.1[1] - Владеть методами математической и теоретической физики, математического моделирования и теоретического исследования
--	--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Квантовая криптография и физические ограничения	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1
2	Экспериментальные	9-15	7/7/0		25	ТВР-15	3-ПК-

	реализации						1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/15/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	30	3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1

\* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
ТвР	Творческая работа
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	15	0
<b>1-8</b>	<b>Квантовая криптография и физические ограничения</b>	8	8	0
1 - 4	<b>Тема 5. Квантовая криптография</b> 5.1 Стандартные криптосистемы 5.2 Квантовое распределение ключа	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	<b>Тема 6. 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		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Экспериментальные реализации</b>	7	7	0
9 - 15	<b>Тема 7. 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		
		7	7	0
		Онлайн		
		0	0	0

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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	У-ПК-1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	В-ПК-1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
ПК-2	З-ПК-2	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	У-ПК-2	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	В-ПК-2	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
ПК-5	З-ПК-5	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	У-ПК-5	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	В-ПК-5	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
ПК-6.1	З-ПК-6.1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	У-ПК-6.1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15
	В-ПК-6.1	З, ТвР-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, ТвР-15

### 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
75-84		C	

70-74		D	материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
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 П 76 Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита : монография, Санкт-Петербург: Лань, 2019
2. 53 П 27 Элементарное введение в квантовые вычисления : , Долгопрудный: Интеллект, 2018

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М91 Квантовая механика : , С. Е. Муравьев, Москва: МИФИ, 2009

### 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