

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:37:57

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Введение в современные квантовые технологии ч.2

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Квантовое материаловедение

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

47

часов на контроль

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	47	47	47	47
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*PhD, профессор, Макаров Вадим Викторович*

Рабочая программа

**Введение в современные квантовые технологии ч.2**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра теоретической физики и квантовых технологий**

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения Д.ф.-м.н., профессор Мухин Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	ознакомить студентов с основными направлениями развития квантовых технологий
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в современные квантовые технологии ч.1	
2.1.2	Квантовая криптография и связь	
2.1.3	Квантовая механика и статистика наночастиц	
2.1.4	Математика квантовых технологий	
2.1.5	Нелинейная физика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Machine learning сложных систем и квантовой материи	
2.2.2	Нанофотоника	
2.2.3	Сверхпроводящие цепи и кубиты	
2.2.4	Научно-педагогическая практика	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31 основы квантовой физики, области применения квантовых технологий, основы квантовой метрологии и магнитометрии	
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 основные известные современные приложения квантовой физики и технологий	
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1 объяснять основные процессы в квантовой физике атомов и молекул и в квантовой оптике, в квантовой метрологии и в работе квантовых сенсоров	
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У1 применять теоретические основы квантовой оптики и метрологии для решения профессиональных задач	
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-3-В1 математическим аппаратом квантовой механики, в особенности относящимся к квантовым вычислениям и измерениям	
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Владеть:</b>	
ОПК-1-В1 методами анализа безопасности реализации квантовой части систем квантовой механики, электродинамики, техники физического эксперимента	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ								
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Квантовая метрология</b>							
1.1	Квантовая метрология /Лек/	2	4	ОПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1			
1.2	Квантовая метрология /Пр/	2	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			Р1
1.3	Квантовая метрология /Ср/	2	10	ОПК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 2. Магнитометрия</b>							
2.1	Магнитометрия /Лек/	2	3	ОПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1			
2.2	Магнитометрия /Пр/	2	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			Р1
2.3	Магнитометрия /Ср/	2	9	ОПК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 3. Термометрия в наномасштабе</b>							
3.1	Термометрия в наномасштабе /Лек/	2	3	ОПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1			
3.2	Термометрия в наномасштабе /Пр/	2	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			Р1
3.3	Термометрия в наномасштабе /Ср/	2	9	ОПК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 4. Ядерно-магнитно-резонансная гиропскопия</b>							
4.1	Ядерно-магнитно-резонансная гиропскопия /Лек/	2	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1			
4.2	Ядерно-магнитно-резонансная гиропскопия /Пр/	2	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			Р1
4.3	Ядерно-магнитно-резонансная гиропскопия /Ср/	2	9	ОПК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
	<b>Раздел 5. Электрометрия</b>							
5.1	Электрометрия /Лек/	2	4	ОПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1			
5.2	Электрометрия /Пр/	2	3	ОПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			Р1
5.3	Электрометрия /Ср/	2	10	ОПК-1-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			

	<b>Раздел 6. Контрольная работа</b>						
6.1	Контрольная работа /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1		КМ1

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	зачёт с оценкой	ОПК-1-31;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки различных платформ (нейтральные атомы, ионы и др, выбрать 2 для сравнения) в различных задачах квантовой метрологии.</li> <li>2. Основные источники погрешностей оптических атомных часов.</li> <li>3. Как работает обратная связь необходимая для реализации вынужденной прецессии?</li> <li>4. Квантовая метрология</li> <li>5. Магнитометрия</li> <li>6. Термометрия в наномасштабе</li> <li>7. Ядерно-магнитно-резонансная гироскопия</li> <li>8. Электрометрия</li> </ol>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Контрольный опрос перед каждым практическим занятием	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	<p>Примеры вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В распоряжении экспериментатора имеется параметрический генератор света, ячейка Погкельса и любая регистрирующая и передающая электроника. Как ему создать однофотонный источник света? Будет ли известен момент испускания фотона?</li> <li>2. Вычислить необходимое время интегрирования сигнала стандарта частоты для достижения относительной систематической погрешности <math>1E-18</math> при опросе атомного ансамбля раби-импульсом длительностью 800 мс. Период измерений 1с, число атомов 10000, частота часового перехода 430 ТГц.</li> </ol>

#### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов.

Пример экзаменационного билета (образец находится в Приложении):

1. Основные источники погрешностей оптических атомных часов.
2. Как работает обратная связь необходимая для реализации вынужденной прецессии?

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

«Отлично»

Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;
- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.

«Хорошо»

Обучающийся демонстрирует:

- знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины;
- твердые знания теоретического материала;
- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;
- умение решать практические задания;
- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.

Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий

«Удовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;
- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;
- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины

«Неудовлетворительно»

Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ильичев Е. В., Гринберг Я. С.	Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: учебник	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л1.2	Лоудон Р., Скродцкий Г. В.	Квантовая теория света	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1976

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Блистанов А. А.	Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Микроэлектроника и твердотельная электроника', 'Электроника и микроэлектроника'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория	Библиотека МИСиС	, 1989

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Изд.2-е, испр. и доп. М.: МЦНМО, 2000 г, 402 с. Url: <a href="https://www.eduspb.com/public/books/classiki/shmidt._vvedenie_v_fiziku_sverhprovodnikov.pdf">https://www.eduspb.com/public/books/classiki/shmidt._vvedenie_v_fiziku_sverhprovodnikov.pdf</a> . Открытый доступ	<a href="https://www.eduspb.com/public/books/classiki/shmidt._vvedenie_v_fiziku_sverhprovodnikov.pdf">https://www.eduspb.com/public/books/classiki/shmidt._vvedenie_v_fiziku_sverhprovodnikov.pdf</a>
----	--	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.4	Microsoft Office

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.8	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;

- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины. Присутствует промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.