

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:38:01

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)

# Нанопотоника

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

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Башарин Алексей Андреевич*

Рабочая программа

**Нанофотоника**

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	Целями освоения учебной дисциплины «Нанопотоника» являются:
1.2	- дать представление о теоретических и экспериментальных методах нанопотоники;
1.3	- познакомить с методами фабрикации метаматериалов и жидких кристаллов, а также с методами управления метаматериалами;
1.4	- подготовить студентов к самостоятельному освоению актуальной научной информации по теме курса.
1.5	Задачи дисциплины: научить
1.6	основам знаний необходимых для самостоятельного освоения современной научной литературы в области нанопотоники.
1.7	Использовать экспериментальный аппарат в области нанопотоники для фабрикации плазмонных и диэлектрических образцов метаматериалов
1.8	Познакомить с методами фабрикации оптических метаматериалов
1.9	уметь исследовать жидкие кристаллы и субволновые плазмонные наноструктуры и метаматериалы.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в современные квантовые технологии ч.2	
2.1.2	Квантовая физика твердого тела	
2.1.3	Квантово-механическое моделирование материалов	
2.1.4	Лабораторный практикум по квантовой фотонике и криптографии	
2.1.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.1.6	Введение в современные квантовые технологии ч.1	
2.1.7	Квантовая криптография и связь	
2.1.8	Квантовая механика и статистика наночастиц	
2.1.9	Математика квантовых технологий	
2.1.10	Нелинейная физика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	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	Основные идеи, лежащие в основе методов экспериментального исследования объектов нанопотоники
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-3-31	Основные задачи и проблемы современной экспериментальной нанопотоники
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1	Применять методы квантовой механики, электродинамики и техники физического эксперимента к описанию свойств наночастиц
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>	

<b>Уметь:</b>
ОПК-3-У1 Читать учебную, справочную и специальную литературу по экспериментальной нанофотонике, понимать и правильно интерпретировать прочитанное;
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 численными и аналитическими методами электродинамики для проектирования устройств нанофотоники
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-В1 Навыками качественного и количественного анализа фундаментальных свойств, явлений и процессов в устройствах нанофотоники

#### 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. Оптические свойства метаматериалов и жидких кристаллов.</b>							
1.1	Введение. Оптические свойства конденсированных сред. Макроскопическая теория. /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
1.2	Нематические жидкие кристаллы – микроскопическое описание. Нематические жидкие кристаллы – термодинамика и фазовые переходы /Лек/	3	2	ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
1.3	Управление ориентацией жидких кристаллов. /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.4	Методы фабрикации метаматериалов: ФИП и химическое травление, техника чистой комнаты /Лек/	3	3	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.5	Электрооптика жидких кристаллов, эффект Фредерикса. Понятие хиральности. Фотонная запрещенная зона /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.6	Вычисление дисперсионных диаграмм плазмонов и плазмон-поляритонов /Пр/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.7	Вычисление свойств жидких кристаллов и их фазовых переходов /Пр/	3	8	ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.8	Вычисление свойств фотонных кристаллов, запрещенной зоны. Применение метода Рытова. /Пр/	3	5	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			

1.9	Подготовка домашнего задания по теоретическому и практическому материалу раздела 1 /Ср/	3	30	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2				P1
1.10	Вычисление резонансных свойств плазмонных наночастиц /Пр/	3	4	ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
<b>Раздел 2. Методы экспериментального исследования задач нанофотоники</b>									
2.1	Ознакомление с электронным микроскопом /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
2.2	Метод фокусируемого ионного пучка /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
2.3	Спектроскопия метаматериалов /Лек/	3	2	ОПК-3-31	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
2.4	Выполнение домашнего задания по теоретическому и практическому материалу раздела 2 /Ср/	3	27	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2				
2.5	Исследование на электронном микроскопе образцов нанофотоники /Пр/	3	4	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
2.6	Использование метода ФИП /Пр/	3	4	ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				
2.7	Исследование свойств метаматериалов на спектрометре /Пр/	3	5	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2				

## 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	экзамен	ОПК-3-31;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применимость макроскопического описания оптических процессов в конденсированной среде</li> <li>2. Принцип Нейманна для макроскопических свойств среды</li> <li>3. Принцип Кюри</li> <li>4. Нематические жидкие кристаллы</li> <li>5. Параметр порядка нематического жидкого кристалла</li> <li>6. Пороговое напряжение электрооптического переключения слоя нематического жидкого кристалла</li> <li>7. Холестерический жидкий кристалл</li> <li>8. Хиральность в метаматериалах</li> <li>9. Методы фабрикация метаматериалов и наночастиц</li> <li>10. Запрещенная зона в фотонных кристаллах</li> <li>11. Эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности</li> <li>12. Линзы со сверхразрешением в нанофотонике</li> </ol>

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание в форме реферата	ОПК-3-31;ПК-3-31;ОПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-У1;ОПК-3-В1	Пример тем рефератов: 1. Поверхностные плазмоны в оптике 2. Методы фабрикации ТГц метаматериалов

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

По курсу предусмотрен экзамен.

Форма экзамена - ответ на экзаменационный билет.

Пример экзаменационного билета

1. Жидкие кристаллы как элементы нанопластики. Параметры порядка и виды.
2. Линзы со сверхразрешением в нанопластики

Пример экзаменационного билета - в Приложении.

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

«Отлично» Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер

«Хорошо» Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера

«Удовлетворительно» Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности

«Неудовлетворительно» Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.2	Сивухин Д. В.	Общий курс физики: Т.4. Оптика: Учеб. пособие для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1985
Л1.3	Тимохин В. М.	Физика диэлектриков. Термоактивационная и диэлектрическая спектроскопия кристаллических материалов. Протонный транспорт: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Бёккер Ю.	Спектроскопия: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л2.2	Джексон Д. Д., Воскресенский Г. В., Соловьев Л. С., Бурштейн Э. Л.	Классическая электродинамика	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1965

#### 6.1.3. Методические разработки

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Быкова М. Б., Гореева Ж. А., Козлова Н. С., Подгорный Д. А.	Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ и отчетов по практикам: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

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

Э1	Нанопотоника в MS Teams	<a href="https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3a53d92f2bbd9b4622a336c624056074d7%40thread.tacv2/%25D0%259E%25D0%25B1%25D1%2589%25D0%25B8%25D0%25B9?groupId=fff82f7b-d416-4977-be84-03f1ab24b8b4&amp;tenantId=21f92996-c72d-4b9f-b5a5-283c00b9ecaa">https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3a53d92f2bbd9b4622a336c624056074d7%40thread.tacv2/%25D0%259E%25D0%25B1%25D1%2589%25D0%25B8%25D0%25B9?groupId=fff82f7b-d416-4977-be84-03f1ab24b8b4&amp;tenantId=21f92996-c72d-4b9f-b5a5-283c00b9ecaa</a>
Э2	Plasmonics, Stefan Maier	<a href="https://link.springer.com/book/10.1007%2F0-387-37825-1">https://link.springer.com/book/10.1007%2F0-387-37825-1</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	ОС Linux (Ubuntu) / Windows
П.5	MATCAD

### 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>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
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, 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

Дисциплина относится к естественным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.