

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:37:00

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)

# Nanophotonics / Нанофотоника

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	19			
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	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Башарин Алексей Андреевич*

Рабочая программа

**Nanophotonics / 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\_МФ3-22-3А.plx Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, 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, Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, 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 23.06.2022 г., №7/22

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.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Electron Theory of Metals / Электронная теория металлов	
2.1.2	Electronic Properties of Quantum Confined Semiconductor Heterostructures / Электронные свойства квантово-ограниченных полупроводниковых гетероструктур	
2.1.3	Scientific research / Научно-исследовательская практика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Master's Thesis / Преддипломная практика	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31	Основные идеи, лежащие в основе методов экспериментального исследования объектов нанопотоники
<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 задачи и проблемы современной экспериментальной нанопотоники
<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У1	Применять методы квантовой механики, электродинамики и техники физического эксперимента к описанию свойств наночастиц
<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	Читать учебную, справочную и специальную литературу по экспериментальной нанопотонике, понимать и правильно интерпретировать прочитанное;
<b>ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-2-В1	Численными и аналитическими методами электродинамики для проектирования устройств нанопотоники

**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**

**Владеть:**

ОПК-1-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. Введение / Introduction</b>							
1.1	Введение. Оптические свойства конденсированных сред. Макроскопическая теория. /Introduction. Optical properties of condensed media. Macroscopic theory. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Э1			
1.2	Нематические жидкие кристаллы – микроскопическое описание. Термодинамика и фазовые переходы. Управление ориентацией жидких кристаллов. /Nematic liquid crystals - microscopic description. Thermodynamics and phase transitions. Controlling the orientation of liquid crystals. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1			
1.3	Методы фабрикации метаматериалов: ФИП и химическое травление, техника чистой комнаты /Methods for fabricating metamaterials: FIP and chemical etching, clean room technique /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1			
1.4	Электрооптика жидких кристаллов, эффект Фредерикса. /Electro-optics of liquid crystals, Freedericksz effect. /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -2-31 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1			
1.5	Понятие хиральности. Фотонная запрещенная зона холестерических жидких кристаллов /The concept of chirality. Photonic bandgap of cholesteric liquid crystals /Лек/	3	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Э1			
1.6	Освоение материала раздела 1 /Mastering the material of section 1 /Ср/	3	37	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Э1			
1.7	Вычисление дисперсионных диаграмм плазмонов и плазмон-поляритонов /Calculation of dispersion diagrams of plasmons and plasmon-polaritons /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК- 2-В1	Л1.2 Э1			

1.8	Вычисление свойств жидких кристаллов и их фазовых переходов/Calculation of properties of liquid crystals and their phase transitions /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ПК-2-В1	Л1.2 Э1			
1.9	Вычисление свойств фотонных кристаллов, запрещенной зоны. Применение метода Рытова. /Calculation of properties of photonic crystals, band gap. Application of the Rytov method. /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ПК-2-В1	Л1.2 Э1			
1.10	Вычисление резонансных свойств плазмонных наночастиц /Calculation of resonance properties of plasmonic nanoparticles /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ПК-2-В1	Л1.2 Э1			
	<b>Раздел 2. Методы экспериментального исследования задач нанофотоники /Methods for Experimental Study of Nanophotonics Problems</b>							
2.1	Ознакомление с электронным микроскопом /Introduction to the electron microscope /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Э1			
2.2	Метод фокусируемого ионного пучка /Focused ion beam method /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Э1			
2.3	Спектроскопия метаматериалов /Spectroscopy of metamaterials /Лек/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Э1			
2.4	Освоение материала раздела 2 /Mastering the material of section 2 /Ср/	3	37	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-31	Л1.2 Э1			
2.5	Исследование на электронном микроскопе образцов нанофотоники /Electron Microscope Study of Nanophotonics Samples /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1			
2.6	Использование метода ФИП /Using the FIP method /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Э1			
2.7	Исследование свойств метаматериалов на спектрометре /Study of the properties of metamaterials on a spectrometer /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Э1			
2.8	Коллоквиум /Colloquium /Пр/	3	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	экзамен / exam	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ОПК-1-В1;ПК-2-В1	1. Применимость макроскопического описания оптических процессов в конденсированной среде 2. Принцип Нейманна для макроскопических свойств среды 3. Принцип Кюри 4. Нематические жидкие кристаллы 5. Параметр порядка нематического жидкого кристалла 6. Пороговое напряжение электрооптического переключения слоя нематического жидкого кристалла 7. Холестерический жидкий кристалл 8. Хиральность в метаматериалах 9. Методы фабрикации метаматериалов и наночастиц 10. Запрещенная зона в фотонных кристаллах 11. Эффект электромагнитно-индуцированной прозрачности 12. Линзы со сверхразрешением в нанофотонике / 1. Applicability of the macroscopic description of optical processes in a condensed medium 2. Neumann's principle for the macroscopic properties of a medium 3. Curie principle 4. Nematic liquid crystals 5. Order parameter of a nematic liquid crystal 6. Threshold voltage of electro-optical switching of the nematic liquid crystal layer 7. Cholesteric liquid crystal 8. Chirality in metamaterials 9. Methods for fabricating metamaterials and nanoparticles 10. Forbidden band in photonic crystals 11. The effect of electromagnetically induced transparency 12. Lenses with super resolution in nanophotonics

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.**

Домашнее задание в форме реферата (ПК-2.2-У1, ПК-2.2-У2, ПК-2.2-В1, УК-7.2-У1, УК-7.2-В1, ПК-2.1-У1, ПК-2.1-У2, ПК-2.1-В1, ПК-2.1-В2).

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.)**

Экзамен не предусмотрен

**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	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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	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

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

Э1	Nanophotonics	<a href="https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3ae8af9a039d76412cb04925eca12edca4%40thread.tacv2/%25D0%259E%25D0%25B1%25D1%2589%25D0%25B8%25D0%25B9?groupId=698e47d3-41c8-4f7a-9775-84001cb69a0c&amp;tenantId=21f92996-c72d-4b9f-b5a5-283c00b9eaa">https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3ae8af9a039d76412cb04925eca12edca4%40thread.tacv2/%25D0%259E%25D0%25B1%25D1%2589%25D0%25B8%25D0%25B9?groupId=698e47d3-41c8-4f7a-9775-84001cb69a0c&amp;tenantId=21f92996-c72d-4b9f-b5a5-283c00b9eaa</a>	
----	---------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	Python
П.5	ОС Linux (Ubuntu) / Windows
П.6	CAD

#### 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	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностраные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— 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 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

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
--------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 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.