

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 25.08.2023 15:48:37

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Machine learning сложных систем и квантовой материи

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
Вид занятий	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):

*дфмн, профессор, Циронис Георгиос Панайотис; дфмн, проф, Мухин Сергей Иванович*

Рабочая программа

**Machine learning сложных систем и квантовой материи**

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-МФ3-23-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра теоретической физики и квантовых технологий**

Протокол от 02.06.2020 г., №10/20

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

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Ознакомление специалистов с теоретическими основами применения методов машинного обучения для различных сложных квантовых систем и квантовой материи с помощью методов искусственного интеллекта (ИИ).
-----	--

**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 базовые разделы общей и теоретической физики, квантовых систем: основные понятия, модели, законы и теории	
<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-3-32 методы и способы исследований в области машинного обучения сложных систем и квантовой материи	
ОПК-3-31 основные методы и способы реализации научных исследований в области физики конденсированного состояния, машинного обучения, квантовых технологий	
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1 решать типовые учебные задачи по основным разделам общей и теоретической физики и квантовых технологий	
ПК-3-У2 применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий	
<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 самостоятельно планировать научные исследования, анализировать и оценивать выбранные методы в соответствии с поставленной задачей	
ОПК-3-У2 применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты	

**ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий****Владеть:**

ПК-3-В2 основными методами научных исследований, навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента, терминологией базовых разделов машинного обучения сложных систем и квантовой материи

ПК-3-В1 навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам квантовой физики, квантовых технологий, сложных систем

**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**

**Владеть:**

ОПК-3-В1 навыками самостоятельного решения проблем и задач, объяснения принятого решения в практических ситуациях, ответственного подхода к выбору решений задач

ОПК-3-В2 базовыми навыками исследований и работы в лаборатории

**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. Матричные вычисления</b>							
1.1	Матричные вычисления /Лек/	3	3	ОПК-3-31 ОПК-3-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.2	Матричные вычисления /Пр/	3	3	ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			Р1
1.3	Матричные вычисления /Ср/	3	12	ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
	<b>Раздел 2. Методы машинного обучения</b>							
2.1	Методы машинного обучения /Лек/	3	3	ОПК-3-31 ОПК-3-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
2.2	Методы машинного обучения /Пр/	3	3	ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			Р1
2.3	Методы машинного обучения /Ср/	3	12	ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
	<b>Раздел 3. Квантовые алгоритмы</b>							
3.1	Квантовые алгоритмы /Лек/	3	3	ОПК-3-31 ОПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.2	Квантовые алгоритмы /Пр/	3	8	ОПК-3-32 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ПК-3-У1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			Р1

3.3	Квантовые алгоритмы /Ср/	3	8	ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
<b>Раздел 4. Глубокое обучение в квантовой физике</b>								
4.1	Глубокое обучение в квантовой физике /Лек/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
4.2	Глубокое обучение в квантовой физике /Пр/	3	10	ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
4.3	Глубокое обучение в квантовой физике /Ср/	3	15	ОПК-3-В2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
<b>Раздел 5. Алгоритмы на основе методов нейронных сетей</b>								
5.1	Алгоритмы на основе методов нейронных сетей /Лек/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-32	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
5.2	Алгоритмы на основе методов нейронных сетей /Пр/	3	8	ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			P1
5.3	Алгоритмы на основе методов нейронных сетей /Ср/	3	10	ОПК-3-В2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
<b>Раздел 6. Коллоквиум</b>								
6.1	Коллоквиум /Пр/	3	2	ОПК-3-31 ОПК-3-32 ПК-3-31	Л1.1Л2.1Л3. 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	Коллоквиум	ОПК-3-31;ОПК-3-32;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Machine learning</li> <li>2. Нейронные сети и искусственный интеллект</li> <li>3. Квантовые алгоритмы для решения задач линейной алгебры</li> <li>4. Методы глубокого обучения для квантовой механики</li> <li>5. Метод квантового сингулярного разложения</li> <li>6. Метод квантового градиентного спуска</li> <li>7. Метод Ньютона для ограниченной полиномиальной оптимизации</li> <li>8. Применение метода машинного обучения в квантовых метаматериалах</li> <li>9. Применение метода машинного обучения в топологических изоляторах</li> <li>10. Применение метода машинного обучения в задачах квантового отжига и квантового компьютера</li> <li>11. Методы машинного обучения в неупорядоченных квантовых системах</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	письменный опрос на каждом практическом занятии	ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Задача 1. Написать квантовый алгоритм для решения линейного дифференциального уравнения Задача 2. Описать принципы метода квантового градиентного спуска.
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
Экзамен не предусмотрен			
<b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>			
Оценки «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно» - «Зачтено». Оценка «Неудовлетворительно» - «Не зачтено».			
Оценка «Отлично» - Обучающийся демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;</li> <li>- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;</li> <li>- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы преподавателя;</li> <li>- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;</li> <li>- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;</li> <li>- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы</li> </ul>			
Оценка «Хорошо» - Обучающийся демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>- знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины;</li> <li>- твердые знания теоретического материала;</li> <li>- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;</li> <li>- умение решать практические задания;</li> <li>- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</li> </ul> Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий			
Оценка «Удовлетворительно» - Обучающийся демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>- знания теоретического материала по изученной дисциплине;</li> <li>- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>- неточные ответы на дополнительные вопросы;</li> <li>- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;</li> <li>- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>			
Оценка «Неудовлетворительно» - Обучающийся демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"> <li>- существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;</li> <li>- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;</li> <li>- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;</li> <li>- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины</li> </ul>			

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Царёв Р. Ю., Прокопенко А. В.	Алгоритмы и структуры данных (CDIO): учебник	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016
Л1.2	Алпайдин Э.	Машинное обучение: новый искусственный интеллект: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Альпина Паблшер, 2017

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Галушкин А. И.	Нейронные сети: основы теории: монография	Библиотека МИСиС	М.: Горячая линия - Телеком, 2010

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	Барский А. Б.	Логические нейронные сети: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ)  Бином. Лаборатория знаний, 2007

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

Э1	Nielsen M., Chuang I. Quantum Computation and Quantum Information. -10th Anniversary edition. - Cambridge: Cambridge University Press, 2010. Url: <a href="http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf">http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf</a> . Открытый доступ	<a href="http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf">http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.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	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.3	Microsoft Office			
П.4	WinRAR			

**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
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 Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
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**

Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы,

Самостоятельная работа направлена на поиск учебной и научной информации, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, на выработку умений и навыков рациональной организации своей деятельности.

Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку лекционных материалов (конспекты, презентации) и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор научной и учебной литературы с использованием библиотечных и электронных образовательных ресурсов, источников информации в сети «Интернет» по изучаемой теме дисциплины;

- освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения;
- подготовка к практическим, семинарским занятиям;
- подготовка к коллоквиуму.