

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ


М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовое машинное обучение

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Форма обучения: очная

Год обучения: 2, семестр: 3

№	Вид деятельности	Семестр
		3
1	Лекции, час.	32
2	Практические занятия, час.	64
3	Лабораторные занятия, час.	
4	Занятий в контактной форме без учета промежуточной аттестации, час, из них	98
5	в электронной форме, час.	
6	из них аудиторных занятий, час.	96
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	96
8	консультаций, час.	2
9	Самостоятельная работа, час.	116
10	в том числе на выполнение письменных работ, час	60
11	Форма аттестации (экзамен, зачет, дифференцированный зачет), час	Э 2
12	Всего зачетных единиц	6

Новосибирск 2022

Рабочая программа дисциплины составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) высшего образования - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования по направлению подготовки магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА введен в действие приказом Минобрнауки 19.09.2017 № 918.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1 Дисциплины (модули), обязательная дисциплина.

Рабочая программа дисциплины утверждена решением Ученого совета факультета информационных технологий от 28.03.2022, протокол № 84.

Программу разработали:

Доцент кафедры квантовой электроники ФФ,
кандидат физико-математических наук

Е.Н. Павловский

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук

М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:

доцент КвЭл ФФ НГУ ФФ НГУ
кандидат физико-математических наук

И.И. Бетеров

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Квантовое машинное обучение»

Дисциплина «Квантовое машинное обучение» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, направленность (профиль): КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КРИПТОГРАФИЯ по очной форме обучения на английском языке.

Место в образовательной программе: Дисциплина «Квантовое машинное обучение» реализуется в 3 семестре в рамках базовой части дисциплин (модулей) Блока 1 и является обязательной дисциплиной.

Дисциплина «Квантовое машинное обучение» является базовой для выполнения работы в рамках практики и выполнением выпускной квалификационной работы.

Дисциплина «Квантовое машинное обучение» направлена на формирование компетенций:

Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач (ОПК-2), в части следующих индикаторов достижения компетенции:

ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач

ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач

ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

Перечень основных разделов дисциплины:

- Введение в квантовое машинное обучение
- Обучение без учителя
- Обучение с учителем, нейронные сети
- Квантовая кластеризация
- Квантовая классификация
- Томография квантовых процессов
- Бустинг и адиабатические квантовые вычисления
- Квантовый подход к машинному обучению

При освоении дисциплины студенты выполняют следующие виды учебной работы: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа. В учебном процессе предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий.

Самостоятельная работа включает: подготовку к практическим занятиям по разделам дисциплины, выполнение заданий, подготовку к экзамену.

Общий объем дисциплины – 6 зачетных единиц (216 часов).

Правила аттестации по дисциплине. Текущий контроль по дисциплине «Квантовое машинное обучение» осуществляется на практических занятиях на основании оценки за

портфолио (задания по темам практических занятий). По результатам защиты портфолио выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Промежуточная аттестация по дисциплине «Квантовое машинное обучение» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) экзамен.

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной (итоговой по дисциплине) аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Учебно-методические материалы по дисциплине выкладываются в электронном ресурсе, который создается для каждого нового набора.

1. Внешние требования к дисциплине

Таблица 1.1

Компетенция ОПК-2 способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач, в части следующих индикаторов достижения компетенции:	
ОПК-2.1	Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач
ОПК-2.2	Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач
ОПК-2.3	Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий		
	Лекции	Практики / семинары	Самостояте льная работа
ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач			
1 Знать методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового машинного обучения, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы квантового машинного обучения, свойства нейронных сетей, принципы квантовой кластеризации, принципы адиабатических квантовых вычислений;	+	+	+
ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач			
2. Уметь самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области квантового машинного обучения с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий, применять полученные знания при решении задач и чтении оригинальных статей в области квантового машинного обучения, для разработки алгоритмов квантового машинного обучения;	+	+	+
ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач			
3. Владеть: навыками постановки и решения задач научных исследований в области квантового машинного обучения с	+	+	+

помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований, базовыми принципами разработки классических и квантовых алгоритмов машинного обучения, моделирования процесса квантового машинного обучения			
---	--	--	--

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 3			
Введение в квантовое машинное обучение	4	4	1, 2, 3
Обучение без учителя	8	8	1, 2, 3
Обучение с учителем, нейронные сети	4	4	1, 2, 3
Квантовая кластеризация	2	2	1, 2, 3
Квантовая классификация	2	2	1, 2, 3
Томография квантовых процессов	4	4	1, 2, 3
Бустинг и адиабатические квантовые вычисления	4	4	1, 2, 3
Квантовый подход к машинному обучению	4	4	1, 2, 3
Итого:	32	32	

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час. (входит в общее кол-во часов)	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Введение в квантовое машинное обучение 1.1. Статистическая теория обучения. Гибридные модели вычислений. Квантовые подходы к классическому машинному обучению. 1.2. Признаковые пространства. Измерительные шкалы. Сложность моделей. 1.3. Смешанные состояния и суперпозиция. Квантовая относительная энтропия.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы

2. Обучение без учителя 2.1. Метод главных компонент. 2.2. Векторные представления в многообразиях. 2.3. Метод k-средних и k-медиан. 2.4. DBSCAN.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
3. Обучение с учителем. Нейронные сети 3.1. Метод k-ближайших соседей. 3.2. Ядерные функции. 3.3. Принцип наименьших квадратов. 3.4. Многослойный перцептрон. 3.5. Глубокое обучение.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
4. Квантовая кластеризация 4.1. Квантовая память случайного доступа. 4.2. Вычисление скалярного произведения. 4.3. Кластеризация k-средних. 4.4. Иерархическая кластеризация.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
5. Квантовая классификация 5.1. Квантовые нейросети. Физические реализации. 5.2. Квантовый k-ближайших соседей. 5.3. Квантовый метод главных компонент. 5.4. SVM с экспоненциальным ускорением. 5.5. Вычислительная сложность. 5.6. Вариационные схемы.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
6. Томография квантовых процессов 6.1. Двойственность каналов и состояний. 6.2. Квантовая томография состояний. 6.3. Сведения из теории групп и теории представлений.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
7. Бустинг и адиабатические	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного

квантовые вычисления 7.1. Квантовый отжиг. 7.2. Модель Изинга. 7.3. QBoost. 7.4. Отображение на вычислительные узлы.				теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
8. Квантовый подход к машинному обучению 8.1. Кодирование изображений квантовыми состояниями. 8.2. Квантовая семантика языка. 8.3. Суперпозиция обучающих выборок.	8	8	1, 2, 3	Разбор представленного теоретического материала, решение задач, практическое применение изученной темы
Итого:	64	64		

4. Самостоятельная работа студентов

Таблица 4.1

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Изучение разделов дисциплины по учебной литературе, в том числе вопросов, не освещаемых на лекциях	1, 2, 3	20	
	Изучение предлагаемых теоретических разделов в соответствии с настоящей Программой. Учебно-методические материалы по дисциплине выложены на странице курса в сети Интернет			
2	Подготовка к практическим занятиям, к текущему контролю знаний	1, 2, 3	60	
	Выполнение заданий			
3	Подготовка к экзамену	1, 2, 3	36	2
	Повторение теоретического материала по вопросам, совпадающим с темами лекций			
	Итого		116	2

5. Образовательные технологии

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные и практические занятия. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на практических занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации. Применяются такие формы проведения практических занятий, как обсуждение и защита результатов работы, а также используются следующие интерактивные формы обучения (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Технологии проблемного обучения	ОПК-2
Формируемые умения: уметь обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	

Краткое описание применения: Постановка под руководством преподавателя проблемных задач и активная самостоятельная деятельность обучающихся по их разрешению, сопровождающаяся обсуждением результатов.	
Портфолио	ОПК-2
Формируемые умения: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	
Краткое описание применения: студенты ведут портфолио (коллекцию работ), которое является основой для проведения аттестации по дисциплине.	

Для организации и контроля самостоятельной работы студентов, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (таблица 5.2).

Таблица 5.2

Информирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Консультирование	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Контроль	Адрес преподавателя сообщается магистрантам на первом занятии
Размещение учебных материалов	Рассылка материалов на университетские адреса студентов

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

По дисциплине «Квантовое машинное обучение» проводится текущая и промежуточная аттестация (итоговая по дисциплине).

Текущая аттестация по дисциплине «Квантовое машинное обучение» осуществляется на практических занятиях и представлена защитой заданий на практических занятиях. В ходе обучения каждый студент должен выполнить задания. По результатам текущей аттестации выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам защиты заданий является одним из условий успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для получения оценки «зачтено» каждое задание должно быть выполнено и защищено в полном соответствии с предъявляемыми требованиями.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Квантовое машинное обучение» проводится по завершению периода ее освоения (семестра). Промежуточная аттестация по дисциплине включает 2 этапа:

- 1) портфолио (задания по темам практических занятий);
- 2) экзамен.

Оценка «зачтено» за портфолио является необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации. Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

В таблице 6.1 представлено соответствие форм аттестации заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.1

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы аттестации	
		1 этап - портфолио	2 этап – экзамен
ОПК-2	ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	+	+
	ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	+	+
	ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	+	+

Требования к структуре и содержанию портфолио, оценочные средства, а также критерии оценки сформированности компетенций и освоения дисциплины в целом, представлены в Фонде оценочных средств, являющемся приложением 1 к настоящей рабочей программе дисциплины.

7. Перечень учебной литературы

1. Павловский Е. Н. Квантовое машинное обучение [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. Н. Павловский ; Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск, [2018]. - Режим доступа: <https://bigdata.nsu.ru/QML/> (доступ только для домена g.nsu.ru). - Загл. с экрана.

8. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование Интернет-ресурса	Краткое описание
1	http://oeis.org/	Онлайн-энциклопедия целочисленных последовательностей
2	http://www.jflap.org/	Среда для моделирования работы конечных автоматов JFLAP

9. Учебно-методическое и программное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины используются следующие учебно-методические материалы:

1. Рабочая программа дисциплины, соответствующие разделы.
2. Учебники, учебные пособия и дополнительные материалы, указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы
3. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», указанные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы.
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины, обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям, приведенные в соответствующих разделах настоящей рабочей программы и приложения к ней.

9.2. Программное обеспечение

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Перечень специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины представлен в таблице 9.1.

Специализированное программное обеспечение

Таблица 9.1

№	Наименование ПО	Назначение
1	Microsoft Visual Studio 2013	Среда разработки приложений

10. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (2 предметные коллекции – Computer Science, Mathematics)
2. БД Scopus (Elsevier)

11. Материально-техническое обеспечение

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины;

Таблица 11.1

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных и практических занятий
2	Компьютерный класс (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы обучающихся

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет информационных технологий

СОГЛАСОВАНО

Декан ФИТ НГУ

М.М. Лаврентьев

«18» апреля 2022 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
по дисциплине Квантовое машинное обучение

Направление подготовки: 09.04.01 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.

Направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Квалификация: магистр

Форма обучения: очная

Год обучения: 2, семестр 3

Форма аттестации	Семестр
Экзамен	3

Новосибирск 2022

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации является **Приложением 1** к рабочей программе дисциплины «Квантовое машинное обучение», реализуемой в рамках образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль): Квантовые технологии и криптография

Фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине утвержден решением Ученого совета факультета информационных технологий протокол № 84 от 28.03.2022

Разработчик:

Доцент кафедры квантовой электроники ФФ,
кандидат физико-математических наук

Е.Н. Павловский

Заведующий кафедрой систем информатики ФИТ,
доктор физико-математических наук

М.М. Лаврентьев

Ответственный за образовательную программу:

Доцент кафедры квантовой электроники ФФ,
кандидат физико-математических наук

И.И. Бетеров

1. Содержание и порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1.1. Общая характеристика содержания промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Квантовое машинное обучение» проводится по завершению периода освоения образовательной программы (семестра) для оценки сформированности компетенций в части следующих индикаторов достижения компетенции (таблица П1.1).

Таблица П1.1

Коды компетенций ФГОС	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины «Квантовое машинное обучение»	Семестр 3	
		портфолио	экзамен
ОПК-2 способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач			
ОПК-2.1	Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	+	+
ОПК-2.2	Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач	+	+
ОПК-2.3	Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	+	+

Тематика вопросов к экзамену соответствует избранным разделам (темам) дисциплины «Квантовое машинное обучение»

- Введение в квантовое машинное обучение
- Обучение без учителя
- Обучение с учителем, нейронные сети
- Квантовая кластеризация
- Квантовая классификация
- Томография квантовых процессов
- Бустинг и адиабатические квантовые вычисления
- Квантовый подход к машинному обучению

Промежуточная аттестация включает 2 этапа:

1. Портфолио.
2. Устный экзамен.

Все компетенции, формируемые в рамках дисциплины, оцениваются как через портфолио, так и на устном экзамене.

1.2. Порядок проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и включает 2 этапа: портфолио и экзамен. Необходимым условием для прохождения промежуточной аттестации является оценка «зачтено» по результатам выполненного портфолио. Для оценивания портфолио студенту необходимо сдать все работы, входящие в структуру портфолио.

Портфолио включает выполнение заданий по темам практических занятий.

Экзамен проводится в устной форме, в аудитории, студентам разрешено пользоваться бумагой для записей и авторучкой. Во время проведения экзамена студенту не разрешается использовать справочники, учебную и научную литературу, компьютеры. В процессе ответа на вопросы экзаменационного билета студенту могут быть заданы дополнительные вопросы по темам дисциплины.

2. Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения промежуточной аттестации по дисциплине, представлен в таблице П1.2.

Таблица П1.2

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Этап 1 - портфолио			
1.	Портфолио	Целевая подборка работ студента, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах.	Структура портфолио
Этап 2 – Экзамен			
2	Экзаменационный билет	Комплекс вопросов	Список теоретических вопросов

2.1. Требования к структуре и содержанию оценочных средств аттестации в третьем семестре

Текущая аттестация по дисциплине «Квантовое машинное обучение» проводится в форме портфолио. Промежуточная аттестация проводится в формате экзамена.

2.1.1 Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио включает защиту заданий на практических занятиях.

Оценка за курс выставляется по результатам экзамена. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

2.1.2 Форма и перечень вопросов экзаменационного билета 1 семестра

Форма экзаменационного билета

Таблица П1.3

<p>Новосибирский государственный университет</p> <p>Экзамен</p> <p>Квантовое машинное обучение</p> <p>09.04.01 Информатика и вычислительная техника. Квантовые технологии и криптография</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос из категории 1 2. Вопрос из категории 2</p> <p>Составитель _____ Е.Н.Павловский</p> <p>Ответственный за образовательную программу _____ И.И.Бетеров (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>
--

Перечень вопросов для экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице П1.4

Таблица П1.4

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1 (ОПК-2)	Статистическая теория обучения. Гибридные модели вычислений.
	Квантовые подходы к классическому машинному обучению.
	Признаковые пространства. Измерительные шкалы. Сложность моделей.
	Смешанные состояния и суперпозиция. Квантовая относительная энтропия
	Метод главных компонент.
	Векторные представления в многообразиях.
	Метод k-средних и k-медиан.
Категория 2 (ОПК-2)	DBSCAN.
	Метод k-ближайших соседей.
	Ядерные функции.
	Принцип наименьших квадратов.
	Многослойный перцептрон.
	Глубокое обучение.
	Квантовая память случайного доступа.
	Вычисление скалярного произведения.
Кластеризация k-средних.	
Иерархическая кластеризация.	

Квантовые нейросети. Физические реализации.
Квантовый k-ближайших соседей.
Квантовый метод главных компонент.
SVM с экспоненциальным ускорением.
Вычислительная сложность.
Вариационные схемы.
Двойственность каналов и состояний.
Квантовая томография состояний.
Сведения из теории групп и теории представлений
Квантовый отжиг.
Модель Изинга.
QBoost.
Отображение на вычислительные узлы.
Кодирование изображений квантовыми состояниями.
Квантовая семантика языка.
Суперпозиция обучающих выборок.

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, завершающих освоение дисциплины «Квантовое машинное обучение» в текущем учебном году.

3. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица П1.5

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован	Пороговый уровень	Базовый уровень	Продвинутый уровень
ОПК-2	Портфолио (этап 1), Экзамен (этап 2)	ОПК-2.1 Знать: современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач	Не знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программы, технические платформы для решения профессиональных задач	Допускает грубые ошибки, слабо знает методы и способы постановки и решения задач физического уровня	Знает на базовом уровне методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового машинного обучения, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических исследований в данной области, основные принципы квантового машинного обучения, свойства нейронных сетей, принципы квантовой кластеризации, принципы адiabатических квантовых вычислений	Уверенно знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований в области квантового машинного обучения, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований в данной области, основные принципы квантового машинного обучения, свойства нейронных сетей, принципы квантовой кластеризации, принципы адiabатических квантовых вычислений
ОПК-2	Портфолио (этап 1), Экзамен (этап 2)	ОПК-2.2 Уметь: обосновывать выбор современных информационно-	Не умеет обосновывать выбор современных	Демонстрирует слабые умения самостоятельно	Умеет самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи	Умеет грамотно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований

		<p>коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач</p>	<p>ых информации онно-коммуникационных и интеллектуальных технологий , разрабатыв ать оригинальн ые программн ые средства для решения профессио нальных задач</p>	<p>ставить и ре- шать кон- кретные фи- зические за- дачи научных исследований в области квантового машинного обучения</p>	<p>задачи научных исследований в области квантового машинного обучения с использованием современной аппа- ратуры и компью- терных техноло- гий</p>	<p>в области квантового машинного обучения с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий, применять полу- ченные знания при ре- шении задач и чтении оригинальных статей в области квантового ма- шинного обучения, для разработки алгоритмов квантового машинного обучения</p>
<p>ОПК-2</p>	<p>Портфолио (этап 1), Экзамен (этап 2)</p>	<p>ОПК-2.3 Владеть: методами разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач</p>	<p>Не владеет методами разработки оригинальн ых программн ых средств, в том числе с использованием современных</p>	<p>Слабо владеет навыками по- становки и решения задач научных исследований в области кван- того ма- шинного обу- чения с по- мощью со- временных</p>	<p>Владеет навыками постановки и ре- шения задач науч- ных исследований в области кванто- вого машинного обучения с помо- щью современных методов и средств теоретических и эксперименталь- ных исследований</p>	<p>Уверенно владеет навы- ками постановки и ре- шения задач научных исследований в области квантового машинного обучения с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных ис- следований, базовыми принципами разработки классических и кванто-</p>

			<p>ых методов и средств теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>ых алгоритмов машинного обучения, моделирования процесса квантового машинного обучения</p>
		<p>ых информации онно-коммуникационных и интеллектуальных технологий , для решения профессиональных задач</p>		

4. Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по дисциплине

В соответствии с учебным планом устанавливаются следующие формы контроля:

Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка «отлично» соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции.

Оценка «хорошо» соответствует базовому уровню сформированности компетенции.

Оценка «удовлетворительно» соответствует пороговому уровню сформированности компетенции.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если хотя бы одна компетенция не сформирована.

Итоговая оценка результатов промежуточной аттестации выставляется как оценка за экзамен.