Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет фундаментальной физико-химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ

(И.о.декана /_____/ Ю.Г. Горбунова

«31» августа 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МЕЖФАКУЛЬТЕТСКОГО КУРСА

Наименование курса:

Межфакультетский курс «Основы обработки квантовой информации»

Уровень высшего образования:
бакалавриат, магистратура, специалитет

Форма обучения:

Очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании Ученого совета факультета
(протокол № 5, от 27 августа 2026 г.)

Москва 2026 г.

Рабочая программа курса разработана в соответствии с реализуемыми в МГУ основными профессиональными образовательными программами высшего образования, разработанными на основе самостоятельно установленных образовательных стандартов (ОС МГУ) по направлениям подготовки/ специальностям высшего образования

1. Место курса в структуре ОПОП: относится к вариативной части ОПОП, является обязательным для освоения.

2. Входные требования для освоения курса, предварительные условия: базовые знания по дисциплинам - «линейная алгебра», «теория вероятностей и математическая статистика», «информатика и программирование».

3. Планируемые результаты обучения по курсу

Планируемые результаты обучения по курсу
Знать: основные понятия в области квантовых вычислений.
Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений; создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений; воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений; формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.
Владеть: основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений.

4. Объем дисциплины (модуля) **1 з.е**., в том числе **24** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, **12** академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание курса, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

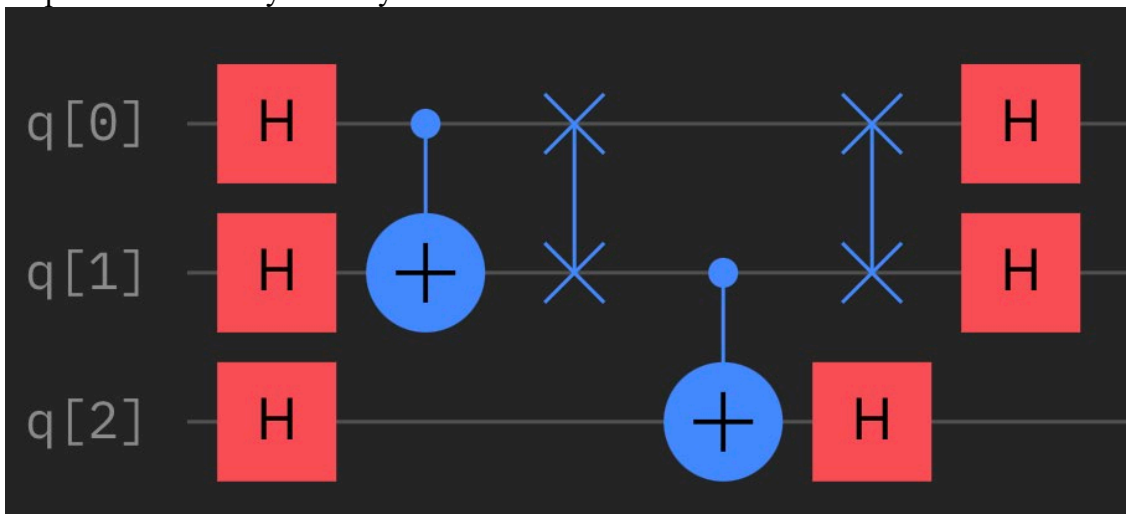
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**	**Всего (часы)**	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ***Виды контактной работы, часы***		**Самостоятельная работа обучающегося**		
				Виды работ	**Часы**	
		Занятия лекционного типа	**Всего**			**Всего**
Введение.	4	2	2	Подготовка к КР, ДЗ	2	2
Квантовые состояния и операции над ними.	11	8	8	Подготовка к КР, ДЗ	3	3
Квантовые алгоритмы.	11	8	8	Подготовка к КР, ДЗ	3	3
Квантовое моделирование.	3	2	2	Подготовка к КР, ДЗ	1	1
Квантовая коммуникация и квантовая криптография.	3	2	2	Подготовка к КР, ДЗ	1	1
Физическая реализация квантовых компьютеров.	2	2	2	ДЗ	-	-
Промежуточная аттестация: зачет	2			Зачет	2	2
Итого	**36**	**24**		**12**		

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по курсу:

- Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Примерный вариант письменной контрольной работы:

1. Построить квантовую схему для создания беловского состояния.
2. Найдете тензорное произведение матриц Паули $\sigma_x \otimes \sigma_z$.
3. Упростите квантовую схему.



Типовые контрольные задания:

1. Однокубитные операции. Расшифровка квантовой схемы.
2. Двухкубитные операции. Расшифровка квантовой схемы.
3. Квантовые схемы создания состояний Белла. Понятие запутанности.
4. Схема копирования кубита. Измерение квантового состояния.
5. Типы шумовых воздействий на кубиты. Понятие декогеренции. «Шумный» квантовый компьютер.
6. Виды ошибок. Схемы коррекции ошибок.
7. Алгоритм Дойча-Йожи. Достижение квантового превосходства.

8. Алгоритм Гровера. Достижение квантового превосходства.
9. Импульсная квантовая схема. Вычисление числа π.
10. Квантовое моделирование. Декомпозиция Троттера.
11. Гибридные алгоритмы. Вариационные квантовые алгоритмы (VQE).
12. Основное состояние молекулы водорода.
13. Сверхплотное кодирование.
14. Протокол распределения квантовых ключей BB84.
15. Протокол квантовой телепортации.

- Шкала и критерии оценивания:

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	**2** **Неудовл.** **(не зачтено)**	**3** **Удовл.** **(зачтено)**	**4** **Хорошо (зачтено)**	**5** **Отлично (зачтено)**	**Оценочные средства**
УМЕТЬ анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	Фрагментарное проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные	В целом успешное, но не систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные	Сформированные умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

		оценивать потенциальные			
ВЛАДЕТЬ основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений.	Фрагментарное проявление владения основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое проявление владения основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление владения основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений	Сформированные систематические владения основными методами решения исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
УМЕТЬ оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений.	Фрагментарное проявление умения оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений.	Сформированные умения оценивать адекватность применяемых моделей и методов теории квантовых вычислений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
ЗНАТЬ основные понятия в области квантовых вычислений.	Фрагментарное проявление знаний основных понятия в области	В целом успешное, но не систематическое проявление	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Сформированные систематические знания основных понятия в области	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы,

	квантовых вычислений.	знаний основных понятия в области квантовых вычислений.	проявление знаний основных понятия в области квантовых вычислений.	квантовых вычислений.	письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
УМЕТЬ создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений.	Фрагментарное проявление умения создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое проявление умения создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений	Сформированные умения создавать квантовые схемы для решения задач из области квантовых вычислений	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
УМЕТЬ воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений.	Фрагментарное проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений.	Сформированные умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы проведения квантовых вычислений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

УМЕТЬ формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.	Фрагментарное проявление умения формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.	Сформированные умения формулировать задачу квантовых вычислений исходя из общей научной проблемы.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

7. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Перечень основной литературы

1. Нильсен М., Чанг Н. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир. 2006. 824с.
2. Холево А. С. Квантовые системы, каналы, информация. МЦНМО, 2010, 328с.
3. Перри. Элементарное введение в квантовые вычисления. Издательский дом Интелмат. Долгопрудный, 2015, 2013 с.
4. А. Китаев, А. Шень, М. Вялый КЛАССИЧЕСКИЕ И КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Перечень дополнительной литературы

1. Wallach N. R. Quantum computing and entanglement for mathematicians. Yecture on quantum computing. Venice CEMI. Yune 2004.
2. D.A.Lidar, T.A.Brunn, Quantum Error Correction, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2013
3. S. Arora, B. Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Princeton University (http://www.cs.princeton.edu/theory/complexity/) Статьи
4. Abu-Nada, A. (2021). Quantum computing simulation of the hydrogen molecular ground-state energies with limited resources. Open Physics, 19(1), 628-633. https://doi.org/10.1515/phys-2021-0071
5. Quantum machine learning Jacob Biamonte, Peter Wittek, Nicola Pancotti, Patrick Rebentrost, Nathan Wiebe & Seth Lloyd Nature volume 549, pages195–202 (2017)

6. Variational quantum algorithms M. Cerezo, et al. Nature Reviews Physics volume 3, pages625–644 (2021)
7. G. Wendin. Quantum Information Processing with Superconducting Circuits: a Review. Reports on Progress in Physics 80, 10 (2017)
8. L. Childress, R. Hanson. Diamond NV centers for quantum computing and quantum networks. MRS Bulletin 38, 2 (2013)
9. H Haeffner, et al. Quantum computing with trapped ions. Physics Reports 469, 4, 155-203 (2008)
10. M. Saffman, T. G. Walker, K. Molmer. Quantum information with Rydberg atoms. Rev. Mod. Phys. 82, 2313 (2010)
11. L. Childress, R. Hanson. Diamond NV centers for quantum computing and quantum networks. MRS Bulletin 38, 2 (2013)
12. C. Hempel, C. Maier, J. Romero, J. McClean, T. Monz, H. Shen, P. Jurcevic, B. P. Lanyon, P. Love, R. Babbush, A. Aspuru-Guzik, R. Blatt, C. F. Roos. Quantum Chemistry Calculations on a Trapped-Ion Quantum Simulator. Phys. Rev. X 8, 031022 (2018)
13. C. Jones, M. A. Fogarty, A. Morello, M. F. Gyure, A. S. Dzurak, T. D. Ladd. Logical Qubit in a Linear Array of Semiconductor Quantum Dots. Phys. Rev. X 8, 021058 (2018)
Bibek Pokharel and Daniel A. Lidar. Demonstration of Algorithmic Quantum Speedup Phys. Rev. Lett. 130, 210602 (2023)

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. https://www.ibm.com/topics/quantum-computing
2. https://qiskit.org/learn/
3. https://qiskit.org/documentation/tutorials.html
4. https://www.qmunity.tech/tutorials/an-introduction-to-pennylane

- Описание материально-технической базы

Занятия проводятся в аудиториях, оснащенных персональными компьютерами и мультимедийным проектором.

8. Язык преподавания: русский

9. Преподаватель (преподаватели): к.ф.-м.н. Лазарев Илья Дмитриевич.