

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 4 от 26.04.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Суперкомпьютерные технологии

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность образовательной программы
Квантовые и нейроморфные технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Суперкомпьютерные технологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, нанoeлектроники и квантовых технологий	<p>ПК-3.1: Имеет представление о физических и математических моделях, а также методах компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, нанoeлектроники и квантовых технологий</p> <p>ПК-3.2: Может применять физические и математические модели, а также методы компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, нанoeлектроники и квантовых технологий</p> <p>ПК-3.3: Разрабатывает физические и математические модели, а также методы компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии, нанoeлектроники и квантовых технологий</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать методы суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>Уметь применять методы суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>Владеть навыками суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать физические и математические модели, требующие применения суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>Уметь адаптировать физические и математические модели к применению суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>Владеть навыками анализа физических и математических моделей с использованием суперкомпьютерных вычислений.</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать принципы применения аппарата суперкомпьютерных технологий в приложении к</p>	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>практическим задачам в рамках профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь формулировать практические задачи в рамках профессиональной деятельности, требующие применения аппарата суперкомпьютерных технологий.</p> <p>Владеть навыками постановки и решения основных типов задач суперкомпьютерных технологий, требующимися для решения практических задач в рамках профессиональной деятельности.</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	

			занятия/лабораторные работы), часы		
	о Ф о	о Ф о	о Ф о	о Ф о	о Ф о
1. Параллельные вычисления	40	8	16	24	16
2. Стандарты OpenMP	29	4	8	12	17
3. Двумерная задача рассеяния	28	4	8	12	16
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	16	32	50	49

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Параллельные вычисления.

Основные идеи распараллеливания вычислений при моделировании физических задач, организация операционных систем, методы передачи данных, работа на распределенных вычислительных системах. Параллельные процессы обработки данных, в которых одновременно могут выполняться несколько операций компьютерной системы. Суперкомпьютер. Изучение вычислительных систем, обладающих предельными характеристиками по производительности. Кластеры, мультипроцессоры и мультимпьютеры. Современная архитектура.

2. Стандарты OpenMP.

Передача данных. Стандарты OpenMP. Практикум на компьютере. Решение базовых задач OpenMP. Программирование тестовых физических задач применения.

3. Двумерная задача рассеяния.

Метод численного решения задачи рассеяния. Задача рассеяния в двумерной системе. Метод численного решения трехмерного уравнения Шредингера. Оценка ускорения. Практическая реализация на суперкомпьютере «Лобачевский».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Численное решение одномерной задачи рассеяния в квантовой механике: последовательный и параллельный подходы : практикум / А. С. Козулин, Е. С. Азарова, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 35 с. - Текст : электронный. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/1584>

2. Вычисление блоховских функций электрона в одномерном периодическом потенциале : учебно-методическое пособие / М. В. Денисенко, А. С. Деробенко, С. М. Кашин, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 33 с. - Текст : электронный. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/2053>

3. Применение гетерогенных вычислительных систем и технологии CUDA для моделирования физических процессов : учебно-методическое пособие / М. В. Денисенко, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 53 с. - Текст : электронный.

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/2758>

4. Применение распределенных вычислительных систем и технологии CUDA для моделирования физических процессов : учебно-методическое пособие / М. В. Денисенко, В. О. Муняев, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 81 с. - Текст : электронный.

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/1260>

5. Вычислительная физика на суперкомпьютерах : учебно-методический комплекс по вычислительной физике на суперкомпьютерах / А. М. Сатанин, С. М. Кашин, А. И. Гельман ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 320 с. - Текст : электронный.

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/2054>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

В ходе изучения курса обучающийся обязан выполнить 2 практических задания. Задания выбираются преподавателем. Практическое задание представляет собой задачу, требующую численного решения. Задачу необходимо численно формализовать, запрограммировать, используя одно из доступных средств программирования, а затем продемонстрировать преподавателю ее численное решение, включая тест программы для заданных преподавателем вводных данных. Бесплатное ПО, доступное обучающемуся, перечислено в соответствующем разделе рабочей программы дисциплины.

Типовые задачи для решения:

1. Численное решение одномерной задачи рассеяния на прямоугольном потенциальном барьере с применением методов параллельных вычислений.

Подробное изложение задачи в представлено в методических материалах к дисциплине:

Численное решение одномерной задачи рассеяния в квантовой механике: последовательный и параллельный подходы : практикум / А. С. Козулин, Е. С. Азарова, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 35 с. - Текст : электронный.

2. Расчет блоховских функций в одномерном потенциале с применением методов параллельных вычислений.

Подробное изложение задачи в представлено в методических материалах к дисциплине:

Вычисление блоховских функций электрона в одномерном периодическом потенциале : учебно-методическое пособие / М. В. Денисенко, А. С. Деробенко, С. М. Кашин, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 33 с. - Текст : электронный.

3. Расчет динамики кубита методом квантовых траекторий с применением методов параллельных вычислений.

Подробное изложение задачи в представлено в методических материалах к дисциплине:

Применение гетерогенных вычислительных систем и технологии CUDA для моделирования физических процессов : учебно-методическое пособие / М. В. Денисенко, А. М. Сатанин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 53 с. - Текст : электронный.

По итогам решения численной задачи студент обязан написать отчет. Отчет должен демонстрировать результат численного решения задачи, а также тест программы для заданных преподавателем вводных данных. Отчет должен включать следующие обязательные элементы: содержание, цель работы, теоретическую часть, описание методики, практическую часть, включающую описание и обсуждение результатов, заключение и/или выводы, список использованных источников. Отчет не должен содержать неправомерных заимствований.

Объем отчета – 15-30 стр. формата А4 (шрифт Times New Roman 12 пт, межстрочный интервал – полуторный, интервал между абзацами – отсутствует, поля – верхнее 2 см, нижнее 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см).

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Составлена программа. Продемонстрирована ее работа. Проведено тестирование программы. Составлен и сдан отчет.
не зачтено	Пока не выполнены все пункты из «Зачтено».

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
		не зачтено		зачтено			

знаний)							
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы

		одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Основные идеи распараллеливания вычислений при моделировании физических задач.
2. Организация операционных систем.
3. Методы передачи данных.
4. Работа на распределенных вычислительных системах.
5. Стандарт OpenMP.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности
отлично	Обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности
очень хорошо	Обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий
хорошо	Обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий
удовлетворительно	Обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности
неудовлетворительно	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень

Оценка	Критерии оценивания
	умений и навыков выполнения практических заданий
плохо	Обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Романский С. О. Высокопроизводительные вычисления : учебное пособие / Романский С. О. - Хабаровск : ДВГУПС, 2019. - 104 с. - Рекомендовано методическим советом по качеству образовательной деятельности ДВГУПС в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ДВГУПС - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=758942&idb=0>.
2. Ильин Д. Ю. Высокопроизводительные вычисления в информационных системах / Ильин Д. Ю. - Москва : РТУ МИРЭА, 2023. - 66 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика. - ISBN 978-5-7339-1946-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=888523&idb=0>.
3. Горожанина Е. И. Высокопроизводительные вычисления и анализ больших данных : учебное пособие / Горожанина Е. И. - Самара : ПГУТИ, 2022. - 132 с. - Книга из коллекции ПГУТИ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=898056&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Высокопроизводительные вычислительные системы и квантовая обработка информации : учебное пособие / Гузик В.Ф.; Гушанский С.М.; Ляпунцова Е.В.; Потапов В.С. - Москва : ЮФУ, 2021. - 202 с. - ISBN 978-5-9275-3787-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=808075&idb=0>.
2. Методы и средства аппаратного обеспечения высокопроизводительных микропроцессорных систем / Бобков С.Г., Басаев А.С. - Москва : Техносфера, 2021., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=789949&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 1) Microsoft Visual Studio Community Edition с надстройкой Python;
- 2) ОС Windows и пакет Office;
- 3) интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника.

Автор(ы): Бастракова Марина Валерьевна, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.