

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Физические основы вычислительной техники

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.10.02 Физические основы вычислительной техники 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-13: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике	<p>ПК-13.1: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике</p> <p>ПК-13.2: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p> <p>ПК-13.3: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности</p> <p>ПК-13.4: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p>	<p>ПК-13.1: Знает пределы применимости классической физики при рассмотрении физических явлений в современной ВТ; новый (квантово механический) подход к объектам нано технологии;</p> <p>ПК-13.2: Знает возможности достижений физики, определяющие прогресс в вопросах обработки и передачи информации (ферромагнетики, полупроводники, лазеры, волоконная оптика).</p> <p>ПК-13.3: Умеет определять адекватный математический аппарат, необходимый для решения задач классической и квантовой физики и анализировать ситуации, связанные с внедрением вычислительной техники, построенной на новейших технологиях.</p> <p>ПК-13.4: Владеет навыками применения математических методов, используемых при</p>	Контрольная работа Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>постановке и решении задач классической и квантовой физики;</p> <p>Владеет способностью оценивать ситуации, связанные с внедрением вычислительной техники, построенной на новейших технологиях (их положительное и отрицательное влияние на общество).</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Введение в курс	2	2		2	
2. Основы теории электропроводности и элементы квантовой механики	41	14		14	27

3. Диоды	6	3		3	3
4. Транзисторы	6	3		3	3
5. Физическая реализация представления и обработки информации в ЭВМ	6	3		3	3
6. Системный блок	6	3		3	3
7. Запоминающие устройства	6	3		3	3
8. Интерфейсы ввода-вывода	6	3		3	3
9. Внешняя память на магнитных носителях	6	3		3	3
10. Внешняя память с использованием оптики	6	3		3	3
11. Устройства ввода-вывода информации	6	3		3	3
12. Физические и технические характеристики линий связи между ЭВМ	6	3		3	3
13. Возможности развития ЭВМ	4	2		2	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	48	0	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в курс

История развития вычислительной техники и её элементной базы. Закон развития Мура. Планарная технология Большие интегральные схемы (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС). Проблема воспроизводимости параметров и уменьшения топологических размеров. Полупроводниковые материалы для элементной базы вычислительной техники.

2. Основы теории электропроводности и элементы квантовой механики.

Классическая теория электропроводности металлов. Необходимость введения квантово механического подхода для описания электронных состояний. Основные понятия и принципы квантовой механики. Волны де Бройля, соотношение неопределённости. Уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Состояния частицы в одномерной потенциальной яме. Сферическая симметрия. Момент импульса и спин. Электрон в кулоновом поле. Электронные состояния атомов. Теория возмущений и квантовые переходы. Типы химической связи Электрон в периодическом поле. Зонная структура твёрдого тела. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Квазичастицы в теории твёрдого тела. Распределение Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Электроны и дырки. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Легирование полупроводников.

3. Диоды

Кинетика носителей заряда в металлах и полупроводниках. Длина свободного пробега и подвижность носителей. Уравнение непрерывности. Вольт-амперная характеристика и дифференциальное сопротивление p-n –переходов. Барьерная и диффузионная ёмкости. Полупроводниковые диоды. Типы и характеристики полупроводниковых диодов. Контакт металл- полупроводник. Диоды Шоттки.

4. Транзисторы

Взаимодействие двух близкорасположенных электронно-дырочных переходов. Биполярные транзисторы. Схемы включения. Ключевой режим работы и быстроедействие биполярных транзисторов. Полевые (униполярные) транзисторы. МОП (МДП) структуры с изолированными каналами и их использование в флэш-памяти. Многоэмиттерные транзисторы.

5. Физическая реализация представления и обработки информации в ЭВМ

Аналоговая и цифровая обработка информации. Физическое представление информации в ЭВМ. Двоичный код. Реализация элементарных логических функций. Ключевой режим работы коммутирующего элемента. «Высокое» и «низкое» состояния логических схем. Позитивная и негативная логики. Основные характеристики логических элементов. Потребляемая мощность, время задержки распространения, энергия переключения, напряжение питания, коэффициент разветвления по выходу. Понятие о помехоустойчивости логического элемента. Семейства логических схем и их совместимость. Перспективные направления развития логической схемотехники.

6. Системный блок

Обобщенная структура системного блока: микропроцессор (МП), память, шина. Архитектура и внутренняя магистраль МП. Основные характеристики МП: технология изготовления, напряжение питания, тактовая частота, объем адресуемой памяти, разрядность шины данных, количество и разрядность регистров. Современные микропроцессоры и шины и их характеристики. Цикл МП и его фазы. Взаимодействие МП с ОЗУ. Способы обмена информацией между МП и внешними устройствами: синхронный, асинхронный и полусинхронный. Обмен данными на магистрали МП.

Мультиплексирование шин. Режимы работы ЭВМ: основной, прерывания, прямой доступ к памяти, ожидание. Мультипроцессорные и многоядерные конфигурации. Специализированные МП.

7. Запоминающие устройства

Триггер и конденсатор, как элемент памяти. Ячейка памяти и ее адрес. Статическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ). Структурная схема СОЗУ. Общая организация памяти.

Характеристики памяти: стоимость, емкость, быстродействие, потребляемая мощность, возможность доступа. Энергозависимая и энергонезависимая память. Классификация полупроводниковых запоминающих устройств. Динамическое оперативное запоминающее устройство (ДОЗУ). Его структура, принцип действия и основные параметры. Организация ДОЗУ. Методы регенерации ДОЗУ. Контроль работоспособности ДОЗУ. Применение СОЗУ и ДОЗУ в ЭВМ. Сравнительные характеристики и перспективы развития СОЗУ и ДОЗУ. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Элементы на основе структур с плавающим затвором. Стирание информации УФ излучением и электрическим полем. Применение ПЗУ в ЭВМ. Сравнительные характеристики и перспективы совершенствования ПЗУ. Флэш-память

8. Интерфейсы ввода-вывода

Функции интерфейса ввода-вывода. Информационная, электрическая и конструктивная совместимость. Устройство типичного интерфейса. Функциональная и управляющая части интерфейса. Внутренние регистры интерфейса ввода-вывода. Ошибки интерфейса. Контроль паритета. Ошибки переполнения. Интерфейс последовательной связи. Дуплексная и полудуплексная связи. Асинхронная и синхронная связь. Стандарты связи. Интерфейсы RS232, USB, FireWire. Скорость передачи информации и электрические параметры. Модем. Амплитудная, частотная и фазовая модуляция. Передача данных через телефонные линии связи. МП ввода-вывода. Контроллер прямого доступа к памяти: общая организация и структура.

9. Внешняя память на магнитных носителях

Магнетизм. Магнитные материалы: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Кривая намагниченности ферромагнетиков. Температура Кюри. Доменная структура. Принципы записи и считывания информации на магнитных носителях. Типы магнитных носителей и магнитных головок. Предельная плотность записи и скорость доступа к записанной информации.

10. Внешняя память с использованием оптики

Использование оптических явлений для повышения плотности записи информации на магнитных носителях. Магнитооптика. Оптическая память. Предельная плотность записи информации в оптике. CD и DVD диски. Трехмерная оптическая память: фоторефрактивные и фото-хромные материалы.

11. Устройства ввода-вывода информации

Принципы отображения визуальной информации. Алфавитно-цифровые и графические (аналоговые) мониторы. Электронно-лучевая трубка. Физические процессы в ЭЛТ: термоэлектронная эмиссия, люминесценция. Формирование изображения в ЭЛТ, строчная и кадровая развертки. Структура и

параметры видеосигнала. Отображение информации о цвете. Плоские мониторы - жидкокристаллические (LCD) дисплеи, плазменные (газоразрядные PDP) мониторы, дисплеи с излучающим полем (FED).

12. Физические и технические характеристики линий связи между ЭВМ

Ввод и вывод цифровой и аналоговой информации. Цифро-аналоговое преобразование (ЦАП). Погрешности ЦАП. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Погрешности АЦП. Понятие о цифровом методе хранения и передачи аналоговой информации. Ввод оптического изображения в ЭВМ, приборы с зарядовой связью (ПЗС). ПЗС-камера (CCD). Принципы отображения информации на твердом носителе — принтеры и плоттеры. Алфавитно-цифровые и графические принтеры. Матричные, струйные, лазерные и светодиодные принтеры. Цветная печать. Виды распределенных линий для разных диапазонов частот. Двухпроводная линия и радиоканал. Телеграфное уравнение. Скорость распространения сигналов в линии. Волновое сопротивление. Согласование линии с нагрузкой. Коаксиальный кабель и витая пара. Оптические волокна и волоконно-оптические кабели. Распространение света по оптическим волокнам. Оптические моды, дисперсия мод, критическая длина волны. Градиентные волокна, волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Оптические передатчики и приемники: свето- и фотодиоды, полупроводниковые лазеры. Предельная скорость передачи информации. Оптические солитоны.

13. Возможности развития ЭВМ

Реализация устойчивых одно- и многоэлектронных состояний в различных системах. Когерентность состояний. Предельные размеры, быстродействие и энергозатраты. Вычисления в классической и квантовой физике. Биты и кубиты. Квантовые алгоритмы. Области применения. Как построить квантовый компьютер: ионные ловушки, ЯМР, поверхностные наноструктуры. Разрушение когерентности как источник ошибок при квантовых вычислениях и их коррекция. Перспективы реализации квантовых компьютеров.

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. Кривошеев В. И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие // Н. Новгород: Изд-во ННГУ. – 2006. (31 экз)
2. Мультипроцессорные среды супер ЭВМ. Масштабирование эффективности [Электронный ресурс] / Степаненко С.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922116909.html>
3. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов [Электронный ресурс] / Головин В.А., Каплунов И.А., Малышкина О.В., Педько Б.Б., Мовчикова А.А. - М.: Техносфера, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363523.html>
4. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] / Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113793.html>
5. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Игнатов А.Н. - М.: ФЛИНТА, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976516199.html>
6. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Умняшкин С.В. - Второе издание, исправленное и дополненное. -

М.: Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363189.html>

7. Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Зегря Г.Г., Перель В.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110051.html>

8. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] / Лебедев А. И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>

9. Электронные системы связи [Электронный ресурс] / Томаси У. - М.: Техносфера, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948361253.html>

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Задание 1. Найти спектр возможных значений энергии частицы в высокой потенциальной яме.

Задание 2. Найти частоту прецессии магнитного диполя в постоянном магнитном поле.

Задание 3. Объяснить и качественно описать влияние температуры на проводимость полупроводников.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

1. Основные понятия и принципы квантовой механики. Волны де Бройля.

2. Соотношение неопределённости

3. Уравнение Шрёдингера

4. Теория возмущений и квантовые переходы

5. Кинетика носителей заряда в металлах и полупроводниках

6. Биполярные транзисторы
7. Полевые (униполярные) транзисторы
8. Физическое представление информации в ЭВМ
9. Реализация элементарных логических функций
10. Основные характеристики логических элементов
11. Обобщенная структура системного блока: микро-процессор (МП), память, шина.
12. Архитектура и внутренняя магистраль МП
13. Современные микропроцессоры и шины и их характеристики. Цикл МП и его фазы
14. Триггер и конденсатор, как элемент памяти
15. Статическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ)
16. Динамическое оперативное запоминающее устройство (ДОЗУ)
17. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)
18. Функции интерфейса ввода-вывода
19. Устройство типичного интерфейса
20. Магнетизм. Магнитные материалы: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики
21. Принципы записи и считывания информации на магнитных носителях
22. Магнитооптика. Оптическая память
23. Принципы отображения визуальной информации
24. Формирование изображения в ЭЛТ, строчная и кадровая развертки
25. Ввод и вывод цифровой и аналоговой информации
26. Понятие о цифровом методе хранения и передачи аналоговой информации
27. Ввод оптического изображения в ЭВМ, приборы с зарядовой связью (ПЗС).

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	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.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

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-13

1. Закон развития Мура.
2. Планарная технология
3. Большие интегральные схемы (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС).
4. Основные понятия и принципы квантовой механики. Волны де Бройля.
5. Соотношение неопределённости.
6. Уравнение Шрёдингера
7. Теория возмущений и квантовые переходы.
8. Кинетика носителей заряда в металлах и полупроводниках

9. Биполярные транзисторы..
10. Полевые (униполярные) транзисторы
11. Физическое представление информации в ЭВМ .
12. Реализация элементарных логических функций.
13. Основные характеристики логических элементов.
14. Обобщенная структура системного блока: микро-процессор (МП), память, шина.
15. Архитектура и внутренняя магистраль МП.
16. Современные микропроцессоры и шины и их характеристики. Цикл МП и его фазы.
17. Триггер и конденсатор, как элемент памяти.
18. Статическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ).
19. Динамическое оперативное запоминающее устройство (ДОЗУ).
20. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).
21. Функции интерфейса ввода-вывода.
22. Устройство типичного интерфейса.
23. Магнетизм. Магнитные материалы: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
24. Принципы записи и считывания информации на магнитных носителях.
25. Типы магнитных носителей и магнитных головок.
26. Магнитооптика. Оптическая память.
27. Принципы отображения визуальной информации.
28. Физические процессы в ЭЛТ: термоэлектронная эмиссия, люминесценция.
29. Формирование изображения в ЭЛТ, строчная и кадровая развертки.
30. Ввод и вывод цифровой и аналоговой информации.
31. Понятие о цифровом методе хранения и передачи аналоговой информации.
32. Ввод оптического изображения в ЭВМ, приборы с зарядовой связью (ПЗС).
33. Реализация устойчивых одно-и многоэлектронных состояний в различных системах.
34. Когерентность состояний.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Новожилов Олег Петрович. Архитектура ЭВМ и систем : учеб. пособие для бакалавров. - М. : Юрайт, 2015. - 527 с. - (Бакалавр. Базовый курс). - ISBN 978-5-9916-2695-8 : 250.00., 1 экз.
2. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики. Т. 3. Электричество / [ред.: Б. А. Миртов, Н. А. Райская]. - М. : Наука, 1977. - 687 с. : ил. - Предм. указ.:с. 680 - 687. - 1.46., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Алексеев Александр Петрович. Информатика 2015 : Учебное пособие / Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. - Москва : Издательство "СОЛОН-Пресс", 2020. - 400 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-91359-158-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=792421&idb=0>.

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

Ресурсы открытого доступа Общероссийский математический портал
Math-Net.Ru <http://www.lib.unn.ru/er/mathnet.html> (<http://www.mathnet.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 ОС ННГУ по направлению подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Панасенко Адольф Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С..

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.