

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

Теория дискретных функций

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.01 - Математика

Направленность образовательной программы

Математика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11 Теория дискретных функций относится к обязательной части 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
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, основы системного подхода для решения поставленных задач. УК-1.2: Умеет осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. УК-1.3: Владеет основами критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает основные способы представления графов, логических функций, кодов, методы преобразования представлений. УК-1.2: Умеет выполнять преобразования между различными формами представления дискретных объектов. УК-1.3: Владеет методами построения и преобразования различных представлений дискретных объектов.	Контрольная работа	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает методы решения задач из области математических и естественных наук ОПК-1.2: Умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности. ОПК-1.3: Владеет навыками теоретического и экспериментального	ОПК-1.1: Знает основные понятия и важнейшие факты из теории графов, теории логических функций, теории кодирования. ОПК-1.2: Умеет решать типовые задачи анализа графов, логических функций, задачи построения кодов. ОПК-1.3:	Контрольная работа	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы

	исследования объектов профессиональной деятельности в области математических и естественных наук.	Владеет основными алгоритмами распознавания свойств графов и логических функций, построения кодов.		
--	---	--	--	--

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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
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	
Графы	24	8	8	16	8
Логические функции. Алгебра логики	22	6	8	14	8
Логические функции. Замкнутые классы и полные системы	28	10	10	20	8
Схемы	8	2	2	4	4
Кодирование	25	6	4	10	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Графы. Понятие графа, типы графов. Смежность, инцидентность, степени. Способы задания графов. Число графов. Специальные графы. Подграф. Операции над графами. Изоморфизм. Инварианты. Пути, циклы, связность. Расстояния и метрические характеристики. Эйлеровы циклы и пути. Деревья, основные свойства. Теорема о центре дерева. Код Прюфера. Число деревьев. Каркас графа. Теорема Кирхгофа (без доказательства). Двудольные графы. Теорема Кенига. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерии планарности Понтрягина-Куратовского и Вагнера (без доказательств).

2. Логические функции. Алгебра логики. Табличное представление булевых функций, число функций. Существенные и фиктивные переменные. Эквивалентность функций. Элементарные функции. Формулы. Булевы формулы. Основные тождества. Нормальные формы. Алгебра Жегалкина, Полином.

3. Логические функции. Замкнутые классы и полные системы. Понятия замкнутого класса и полной системы функций. Теорема сведения. Функции, сохраняющие константы. Линейные функции. самодвойственные функции. Монотонные функции. Критерий полноты. Предполные классы и базисы.

4. Схемы. Понятие схемы из функциональных элементов. Простейшие методы синтеза схем. Пример: построение схемы сумматора.

5. Кодирование. Постановка задачи оптимального кодирования. Обратимые и префиксные коды. Неравенство Макмиллана. Графическое представление префиксных кодов. Метод Хаффмена построения оптимального кода. Помехоустойчивое кодирование. Линейные коды. Код Хэмминга.

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Дискретная математика" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1683>).

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 УК-1:

Граф задан матрицей смежности.

- Найдите его диаметр, радиус, центр.
- Определите, является ли он планарным.
- Определите, является ли он самодополнительным.

$$\begin{array}{l}
 1. \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & \end{pmatrix} &
 2. \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \end{pmatrix} &
 3. \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \end{pmatrix}
 \end{array}$$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вариант 1

Задача 1. Докажите тождество $(x_1x_2 \vee x_1x_3 \vee x_2x_3) \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus x_3 = \overline{x_1x_2x_3(x_1 \vee x_2 \vee x_3)}$.

Задача 2. Найдите и удалите фиктивные переменные у функции, заданной вектором значений $\vec{f} = 0111100101111001$. Для функции, полученной после удаления фиктивных переменных, постройте СДНФ, сокращенную ДНФ, полином Жегалкина.

Задача 3. Выясните, полна ли система функций $\{(x_1 \rightarrow x_2) \rightarrow x_3, \overline{x_1 \oplus x_2 \oplus x_3}\}$.

Задача 4. Сколько функций от переменных x_1, \dots, x_n содержит множество $S \cup (T_0 - T_1)$?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведены правильные решения большинства задач без существенных ошибок
не зачтено	Задачи не решены или в решении большинства задач допущены грубые ошибки

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			

(индикатор достижения)							
<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	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
<u>Навыки</u>	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»

1. Вершины графа соответствуют всевозможным перестановкам трех элементов. Две вершины смежны, если соответствующие перестановки различаются одной транспозицией. Определите, является ли этот граф 1) двудольным, 2) планарным 3) эйлеровым.
2. Найдите число графов с множеством вершин V_n , в которых допускаются ребра следующих типов: 1) неориентированные и петли; 2) ориентированные и петли; 3) ориентированные, но не петли.
3. Вершина степени 0 называется изолированной. Определите число графов с n вершинами, в которых
 - 1) данные k вершин являются изолированными;
 - 2) нет изолированных вершин (примените метод включения и исключения).
4. Сколько у графа K_8 имеется подграфов, изоморфных графу 1) C_4 ? 2) P_4 ? 3) $K_{1,3}$?
5. Найдите число простых путей длины 4 в графе 1) K_7 ; 2) $K_{3,5}$.
6. Найдите число подграфов графа K_6 , изоморфных графу C_4 .
7. Найдите число подграфов графа $K_{3,5}$, изоморфных графу P_4 .
8. Какое наименьшее количество ребер нужно удалить из графа $K_{3,5}$, чтобы получился граф, имеющий эйлеров цикл?
9. Какое наименьшее количество ребер нужно добавить к графу $\overline{P_6}$, чтобы получился граф, имеющий эйлеров цикл?
10. Из графа $K_{4,5}$ удаляются 4 ребра, образующие цикл. Определите 1) планарен ли полученный граф, 2) его диаметр, 3) его радиус, 3) число центральных вершин в нем.
11. В дереве с n вершинами степень каждой вершины равна 1 или k . Сколько листьев в таком дереве?
12. Какое наименьшее количество ребер нужно удалить из графа K_6 , чтобы получить планарный граф?
13. Выясните, существует ли планарный граф, у которого:
 - а) 7 вершин и 16 ребер;
 - б) 8 вершин и 17 ребер.
14. Перечислите все (с точностью до изоморфизма) деревья с 7 вершинами, имеющие диаметр 3.
15. Восстановите дерево по коду Прюфера (5,3,7,7,1,8,5).
16. В двудольном графе одна доля состоит из четырех вершин, из них одна имеет степень 2 и три – степень 3, а другая доля – из пяти вершин, среди которых есть две вершины степени 1, вершина степени 2 и вершина степени 4. Какова степень оставшейся вершины?
17. Из графа K_6 удаляются 5 ребер, образующих цикл. Определите 1) планарен ли полученный граф, 2) его диаметр, 3) его радиус, 3) число центральных вершин в нем.
18. Постройте СДНФ и полином Жегалкина для функции, заданной формулой $(x_1 x_3 \vee x_2) \overline{x_1 x_2 x_3}$.
19. Какие из следующих функций принадлежат множеству $[\{x_1 \leftrightarrow x_2, x_1 \oplus x_2 \oplus x_3\}]$?
 - 1) $\overline{x_1 \oplus x_2 \oplus x_3 \oplus x_4}$; 2) $x_1 | x_2$; 3) $x_1 \oplus x_2$.

20. Какие из следующих множеств функций являются базисами в P_2 ?
- 1) $\{1, x_1\bar{x}_2 \oplus \bar{x}_3\}$; 2) $\{0, 1, x_1 \vee x_2\}$; 3) $\{x_1 \rightarrow x_2, \overline{x_1 \rightarrow x_2}\}$.
21. Найдите число функций от переменных x_1, x_2, x_3, x_4 в множестве $(L \cap S) - M$.
22. Выясните, полна ли система функций $\{(x \rightarrow y) \rightarrow x, (x \oplus y)z, (x \vee y)|(x \vee \bar{y})\}$.
23. Найдите число функций от переменных x_1, x_2, x_3 в множестве $(L - S) \cup T_0$.
24. Найдите функцию $f(x, y, z)$, если известно, что $f \in S \cap M$, $f(0,0,1) = 0$ и f не имеет фиктивных переменных.
25. Найдите функции f и g , если известно, что каждая из них существенно зависит от переменных x_1, x_2, x_3 , $f \in L$, $g \in M$ и справедливо тождество $f|g = 1$.
26. Определите, каким из предполных классов принадлежит функция $\overline{(x_1 \sim x_2)(x_1|x_2)} \oplus \overline{(x_3 \sim x_4)(x_3|x_4)} \oplus \dots \oplus \overline{(x_{2n-1} \sim x_{2n})(x_{2n-1}|x_{2n})}$.
27. Найдите и удалите фиктивные переменные функции $(x_1 \vee (\bar{x}_2 \rightarrow x_3) \vee \overline{x_1 x_2 x_3})(x_2 \oplus x_4)$.
28. Существует ли функция, существенно зависящая от двух переменных, которая вместе с функцией $\overline{(\bar{x}|y)(x \rightarrow y)}$ образует базис?
29. Выясните, при каких значениях параметров $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ функция $(x_1 \oplus \alpha_1)(x_2 \oplus \alpha_2) \dots (x_n \oplus \alpha_n)$ является монотонной.
30. Преобразуйте данную формулу в СДНФ:
- 1) $x_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_3$; 2) $\overline{(x_1 \vee x_2 x_3)} \vee x_2$;
31. Постройте для функции f полином Жегалкина методом неопределенных коэффициентов:
- 1) $\tilde{f} = 1011$; 2) $\tilde{f} = 01001001$;
32. Постройте для данной функции СДНФ и преобразуйте ее в полином Жегалкина:
- 1) $\tilde{f} = 00011001$; 2) $\tilde{f} = 01000100$.
33. Найдите число функций от переменных x_1, x_2, \dots, x_n в множестве
- 1) $T_0 \cap T_1$; 2) $S \cap T_0 \cap T_1$; 3) $S - T_0$; 4) $L \cap T_0 \cap T_1$.
34. Выясните, является ли полным множество функций:
- 1) $\{\bar{x}, x_1 \bar{x}_2\}$; 2) $\{x_1 x_2, x_1 \vee x_2, \overline{x_1 \oplus x_2 \oplus x_3}\}$; 3) $\{\bar{x}, x_1 \oplus x_2, (x_1 \sim x_2) \sim (x_3 \sim x_4), 0\}$;
35. Найдите все базисы, содержащиеся в данном множестве функций:
- $\{f_1 = 0, f_2 = 1, f_3 = \bar{x}, f_4 = \bar{x}(y \oplus z) \oplus yz\}$;
36. Определите, каким из предполных классов принадлежит функция $x_1(x_1 \rightarrow x_2)(x_2 \rightarrow x_3) \dots (x_{n-1} \rightarrow x_n) \vee x_1(x_1 \sim x_2)(x_2 \sim x_3) \dots (x_{n-1} \sim x_n) \bar{x}_n$.
37. Найдите наибольшее m , при котором существует префиксный код в алфавите $\{0,1\}$ с набором длин слов $(2,3,3,3,3,3,4,\dots,4)$, где число 4 входит m раз. Постройте такой код.
38. Постройте оптимальный двоичный код для распределения вероятностей букв \dots $(0,05, 0,1, 0,1, 0,1, 0,2, 0,45)$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведены правильные решения большинства задач без существенных ошибок
не зачтено	Задачи не решены или в решении большинства задач допущены грубые ошибки

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Понятие графа. Число графов. Изоморфизм. Инварианты.
2. Деревья, их свойства.
3. Логические функции. Число функций. Существенные и фиктивные переменные. Элементарные функции.
4. Нормальные формы логических функций.
5. Полином Жегалкина.
6. Понятие схемы из функциональных элементов. Простейшие методы синтеза схем.
7. Задача оптимального кодирования. Обратимые и префиксные коды.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Понятие графа. Число графов. Изоморфизм. Инварианты.
2. Пути и циклы в графах. Связность. Теоремы о существовании цикла и о числе ребер в связном графе. Шарниры и перешейки.
3. Расстояния в графах. Метрические характеристики графов. Теорема о диаметре и радиусе.
4. Эйлеровы циклы и пути.
5. Деревья, их свойства. Теорема о центре дерева.
6. Код Прюфера и формула Кэли для числа деревьев.
7. Двудольные графы. Теорема Кёнига.
8. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерии планарности.
9. Логические функции. Число функций. Существенные и фиктивные переменные. Элементарные функции.
10. Нормальные формы логических функций.
11. Полином Жегалкина.
12. Понятия замкнутого класса и полноты. Теорема сведения.
13. Класс самодвойственных функций.
14. Класс монотонных функций.
15. Класс линейных функций.
16. Теорема Поста о полноте.
17. Понятия предполного класса и базиса. Следствия из теоремы Поста.
18. Понятие схемы из функциональных элементов. Простейшие методы синтеза схем. Построение схемы сумматора.
19. Задача оптимального кодирования. Обратимые и префиксные коды.
20. Неравенство Макмиллана.
21. Теорема о существовании префиксного кода.

22. Построение оптимального префиксного кода (метод Хаффмана).
23. Код Хэмминга.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведены правильные ответы на контрольные вопросы без существенных ошибок
не зачтено	При ответе на контрольные вопросы допущены грубые ошибки

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

Основная литература:

1. Алексеев Владимир Евгеньевич. Дискретная математика : учебное пособие / В. Е. Алексеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 139 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823847&idb=0>.
2. Алексеев Владимир Евгеньевич. Сборник задач по дискретной математике : задачник для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 010300 "Фундам. информатика и информ. технологии", 010400 "Приклад. математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2012 (Тип. ННГУ). - 80 с. - 26.00., 50 экз.

Дополнительная литература:

1. Яблонский Сергей Всеволодович. Введение в дискретную математику : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика". - Изд. 5-е, стер. - М. : Высшая школа, 2008. - 384 с. : ил. - ISBN 978-5-06-005943-4 : 574.00., 2 экз.
2. Гаврилов Г. П. Задачи и упражнения по дискретной математике / Гаврилов Г. П., Сапоженко А. А. - 3-е изд., перераб. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0477-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665717&idb=0>.
3. Редькин Н. П. Дискретная математика / Редькин Н. П. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 264 с. - Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 010100 «Математика», 010200 «Математика. Прикладная математика», 011000 «Механика. Прикладная математика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-1093-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665776&idb=0>.

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

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1683>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной

программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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 01.03.01 - Математика.

Автор(ы): Сидоров Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

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