МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от "27 "апреля 2022 г. №6

Рабочая программа дисциплины
Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика

Уровень высшего образования
Подготовка научных и научно-педагогических кадров

Программа аспирантуры
Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика

Научная специальность
1.1.5 Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2022 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина О.03 «Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика» (кандидатский минимум) относится к числу обязательных, дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 3 году обучения в 5 и 6 семестрах.

Цель дисциплины – изучение основ математической логики, алгебры, теории чисел и дискретной математики на уровне, достаточном для проведения научных исследований и для чтения современной научной литературы. Также цель изучения данной дисциплины заключена в подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

Знать:

- элементы математической логики, теории алгоритмов и теории сложности
- основные структуры современной алгебры,
- классические разделы теории чисел,
- основные задачи и методы линейного и целочисленного программирования, методы оптимизации,
- основы теории графов, комбинаторики и теории кодирования

Уметь:

- проводить доказательства основных утверждений на высоком теоретическом уровне

Владеть:

- навыками критического анализа современных передовых публикаций по специальности

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., всего – 108 часов, из которых 4 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа - 4часа), 68 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

(указываются разделы (модули) с отведенным на них количеством академических часов с разбивкой по формам занятий)

Наименование разделов дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Основные структуры алгебры: группы, кольца, поля. Линейная алгебра	**10**						**10**
2. Элементы гомологической алгебры	**10**	**2**					**8**
3. Группы и алгебры Ли	**10**						**10**

4. Элементы теория чисел	**10**						**10**
5. Элементы математической логики, теории алгоритмов и теории сложности	**10**						**10**
6. Линейное и целочисленное линейное программирование. Методы оптимизации	**10**	**2**					**8**
7. Теория графов	**4**						**4**
8. Комбинаторика	**4**						**4**
9. Теория кодироания.	**4**						**4**
Аттестация по дисциплине * *экзамен*	**36**						
Итого	**108**	**4**					**68**

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1.	Основные структуры алгебры: группы, кольца, поля. Линейная алгебра	Группы, подгруппы, факторгруппы, гомоморфизмы. Действие группы на множестве. Теоремы Силова. Строение конечно порожденных абелевых групп. Элементы теории представлений. Кольца, идеалы, нетеровы кольца, Кольцо многочленов, Теорема Гильберта о нулях. Целая зависимость. Теорема Нетер. Строение полупростых артиновых колец. Алгебраические расширения полей. Теория Галуа. Трансцендентные расширения. Линейные операторы и их матрицы. Самосопряженные операторы. Ортогональные и		Собеседование

		унитарные операторы. Тензорная алгебра.		
2.	Гомологическая алгебра	Комплексы, (ко)гомологии, резольвенты. Категории и функторы, инъективные и проективные модули. Резольвенты. Производные функторы. Когомологии групп и алгебр Ли.	Обзорная лекция	Собеседование
3.	Группы и алгебры Ли	Группы Ли. Алгебра Ли группы Ли. Примеры. Универсальные накрывающие группы. Соответствие Ли. Аффинные алгебраические группы. Алгебры Хопфа. Структурная теория полупростых алгебр Ли над полем нулевой характеристики.		Собеседование
4.	Элементы теории чисел	Цепные дроби. Классы вычетов. Основные теоретико-числовые функции. Квадратичные вычеты, закон взаимности Гаусса. Первообразные корни и индексы. Распределение простых чисел.		Собеседование
5.	Элементы математической логики, теории алгоритмов и теории сложности	Элементы логического языка первого порядка. Модели формул логического языка первого порядка. Логический вывод. Канонические формы предложений в логике		Собеседование

		первого порядка. Приложения логического языка первого порядка к моделированию математических теорий. Модели вычислений (машины Тьюринга, лямбда-исчисление) Генерирование комбинаторных объектов (перестановок, сочетаний, подмножеств и пр.). Поиск в глубину в графе. Поиск в ширину в графе. Исчерпывающий поиск в деревьях решений. Приоритетная очередь и ее применение (алгоритмы Прима, Дейкстры). Сортировка последовательностей. Нижняя оценка сложности. Эффективные алгоритмы. Структуры данных для представления систем множеств. 8Деревья поиска. Сбалансированные деревья и их применение. Понятие об эвристических, приближенных и вероятностных алгоритмах (примеры).		

6.	Линейное и целочисленное линейное программирование. Методы оптимизации	Симплексная таблица. Прямой симплекс-метод. Строчечная и столбцовая формы записи. Нахождение начального опорного вектора. Борьба с зацикливанием. Правило Бленда. Лексикографический метод. Двойственность в линейном программировании. Матричные игры. Классическая транспортная задача. Вполне унимодулярные матрицы. Целочисленность опорных векторов транспортной задачи. Способы получения исходного опорного вектора (метод северо-западного угла, метод минимального элемента). Задача о назначениях. Выпуклое множество. Выпуклая оболочка. Полиэдр, политоп. Полиэдральный конус. Примеры задач дискретной оптимизации, их сведение к задачам целочисленного линейного программирования. Алгоритмы решения задач целочисленного линейного программироваия. Динамическое программирование.	Обзорная лекция	Собеседование

		Принцип Беллмана. Задачи математического и выпуклого программирования. Методы безусловной оптимизации. Методы 0-го пордка.		
7.	Теория графов	Типы графов. Способы задания. Операции над графами. Подграфы. Изоморфизм. Метрические характеристики графов. Деревья. Элементарные свойства деревьев. Код Прюфера и формула Кэли. Центр и центроид дерева. Распознавание изоморфизма деревьев. Связность. Вершинная и реберная связность. Блоки. Теорема Менгера. Двудольные графы. Теорема Кенига. Задача о паросочетании и системы различных представителей. Метод чередующихся цепей. Теоремы Кенига–Оре и Холла. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерий планарности. Плоские триангуляции. Раскраски планарных графов. Распознавание планарности. Циклы. Эйлеровы циклы. Гамильтоновы циклы. Пространства		Собеседование

		циклов и разрезов. Наследственные классы графов. Обструкции. Примеры наследственных классов: кографы, хордальные графы, реберные графы, графы сравнимости, совершенные графы, интервальные графы. Экстремальные задачи на графах. Независимые и доминирующие множества. Вершинные покрытия. Раскраски.		
8.	Комбинаторика	Перестановки, сочетания, упорядоченные разбиения множеств, разбиения на подмножества с заданной мощностной структурой, подстановки с заданной цикловой структурой, тождество Коши. Производящие функции. Экспоненциальные производящие функции. Числа Каталана. Числа Белла. Числа Стирлинга 2-го рода, их связь с числами Белла. Числа Стирлинга 1-го рода. Линейные рекуррентные уравнения. Комбинаторика групп.		Собеседование

		Подстановки и циклы. Орбиты и стабилизаторы. Лемма Бернсайда. Степенная группа. Цикловой индекс группы перестановок. Цикловые индексы некоторых классических групп. Перечисление орбит степенной группы. Веса орбит.		
9.	Теория кодирования	Проблема распознавания взаимной однозначности кодирования. Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Неравенство Макмиллана. Алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона. Понятие энтропии и ее связь со стоимостью оптимального алфавитного кодирования. Блочное кодирование. Помехоустойчивое кодирование. Построение и декодирование кода Хэмминга.		Собеседование

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающегося состоит в изучении конспектов лекций и основной литературы из списка для подготовки к кандидатскому экзамену по специальности. Вопросы для самоконтроля совпадают с экзаменационными вопросами.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

– уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);

– умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;

– качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);

- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,

- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка *отлично* – исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы.

Оценка *хорошо* – достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам.

Оценка *удовлетворительно* – фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов.

Оценка *неудовлетворительно* – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией.

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

Вопросы для экзамена (кандидатского):

1. Группы. Подгруппы. Нормальные подгруппы. Теорема Лагранжа. Факторгруппа. Гомоморфизмы групп. Теоремы о гомоморфизмах групп.

2. Действие группы на множестве. Орбиты. Стабилизаторы. Формула длины орбиты. Теоремы Силова.

3. Свободные группы. Задание группы образующими и определяющими соотношениями.
4. Строение конечнопорожденных абелевых групп.

5. Тензорное произведение векторных пространств. Тензорное произведение представлений. Тензорная алгебра векторного пространства.

6. Самосопряженные операторы. Ортогональные и унитарные операторы.

7. Элементы теории представлений конечных групп. Теорема Машке.

8. Теория характеров. Лемма Шура. Соотношение ортогональности для характеров. Разложение регулярного представления.

9. Алгебраические расширения полей. Сепарабельные, нормальные расширения. Теорема о примитивном элементе. Расширения Галуа. Конечные поля.

10. Соответствие Галуа. Циклические расширения. Теорема Гильберта 90. Разрешимые и радикальные расширения.

11. Конечнопорожденные расширения полей. Степень трансцендентности.
Сепарабельные расширения.

12. Коммутативные кольца. Простые и максимальные идеалы. Спектр кольца. Топология Зарисского. Радикал идеала. Нильрадикал. Радикал Джекобсона.

13. Конечнопорожденные расширения колец. Лемма Нетер о нормализации. Теорема Гильберта о нулях.

14. Строение полупростых артиновых колец.

15. Категории и функторы. Примеры. Естественные преобразования функторов.
Представимые функторы. Аддитивные функторы. Прямая сумма. Диаграммы прямой суммы. Прямое произведение объектов категории.

16. Функтор Hom. Свойства точности. Инъективные модули.

17. Свободные и проективные модули.

18. Инъективные модули.

20. Комплексы, (ко)гомологии. Короткая точная последовательность комплексов и длинная точна последовательность (ко)гомологий.

21. Резольвенты. Теорема сравнения.

22. Производные функторы. Функторы Ext.

23. Тензорное произведение модулей. Свойство точности. Функторы Tor.

24. (Ко)гомологии симплициальных комплексов. Когомологии де Рама.

25. Когомологии групп.

26. Когомологии алгебр Ли.

30. Группы Ли. Алгебра Ли группы Ли. Соответствие Ли.

31. Алгебраические группы. Алгебра Ли алгебраической группы.

32. Нильпотентные и разрешимые алгебры Ли. Теорема Энгеля. Теорема Ли.

33. Критерий Картана разрешимости и полупростоты.

34. Подалгебры Картана. Корневое разложение.

35. Система корней полупростой алгебры Ли.

36. Классификация систем корней.

37. Классификация конечномерных комплексных простых алгебр Ли.

38. Конечномерные представления полупростых алгебр Ли.

39. Обобщенные матрицы Картана. Алгебры Каца-Муди.

40. Алгебры разделенных степеней. Специальные дифференцирования. Дифференциальные формы. Алгебры Ли картановского типа.

41. Усеченные индуцированные модули над транзитивными алгебрами Ли. Теоремы вложения.

42. Исключительные простые алгебры Ли. Алгебры Меликяна.

43. Фильтрованные алгебры Ли. Ассоциированные градуированные алгебры Ли. Фильтрованные алгебр Ли картановского типа. Классификация простых алгебр Ли над алгебраически замкнутым полем характеристики $p>5$.

45. Супералгебры Ли. Классификация простых конечномерных комплексных супералгебр Ли.

46. Цепные дроби и их применение к решению уравнений в целых числах.

47. Основные теоретико-числовые функции.

48. Квадратичные вычеты. Символ Лежандра.

49. Закон взаимности Гаусса.

50. Первообразные корни и индексы.

51. Асимптотический закон распределения простых чисел (схема доказательства).

52. Логический язык первого порядка: синтаксис, интерпретация формул.

53. Логический вывод. Формальные понятия доказательства и правила вывода.

54. Канонические формы предложений в логике первого порядка.

55. Приложения логического языка первого порядка к моделированию математических теорий. Аксиоматические и структурные теории, их развитие. Понятие теорем и элементарных теорий.

56. Свойства элементарных теорий: полнота, алгоритмическая разрешимость.

57. Модели вычислений, машина Тьюринга.

58. Вычислимость и разрешимость. Тезис Чёрча. Примеры невычислимой по Тьюрингу функции и алгоритмически неразрешимого отношения.

59. Измерение алгоритмической сложности задач. Классы P и NP, примеры задач из этих классов. Полиномиальная сводимость одной задачи к другой, NP-полные и NP-трудные задачи.

60. Модели вычислений: лямбда-исчисление: основные понятия.

61. Задача линейного программирования. Примеры практических задач. Каноническая, стандартная и другие формы задачи линейного программирования. Сведения задач из одной формы к другой.

62. Симплексная таблица. Прямой симплекс-метод. Строчечная и столбцовая формы записи. Нахождение начального опорного вектора. Борьба с зацикливанием. Правило Бленда. Лексикографический метод.

63. Двойственность в линейном программировании. Формулировки прямой и двойственной задач. Теорема двойственности. Условия дополняющей нежесткости. Лемма Фаркаша и ее варианты. Замечание о сложности задачи линейного программирования. Двойственный симплекс-метод.

64. Матричные игры. Чистые и смешанные стратегии. Теорема фон Неймана о минимаксе.

65. Классическая транспортная задача. Вполне унимодулярные матрицы. Целочисленность опорных векторов транспортной задачи. Способы получения исходного опорного вектора (метод северо-западного угла, метод минимального элемента). Задача о назначениях.

66. Выпуклое множество. Выпуклая оболочка. Крайние точки и экстремальные векторы. Полиэдр, политоп. Полиэдральный конус. Теорема Минковского–Фаркаша–Вейля (два способа описания полиэдральных конусов и полиэдров). Геометрическая интерпретация симплекс-метода и двойственного симплекс-метода.

67. Примеры задач дискретной оптимизации (о коммивояжере, о назначениях, о рюкзаке, экстремальные задачи на графах и булевых функциях). Их сведение к задачам целочисленного линейного программирования (ЗЦЛП).

68. Идея метода отсечений и его геометрическая интерпретация. Выбор вычислительной схемы. 2 леммы Р. Гомори о правильных отсечениях. 1-й алгоритм Гомори и доказательство его конечности.

69. Эквивалентность матриц над кольцом целых чисел. Нормальная диагональная форма (НДФ) и теорема о приведении к ней.

70. Системы линейных уравнений над кольцом целых чисел. Критерий совместности и способы решения. Подрешетки решетки n-мерных целочисленных векторов в $\mathbf{Z}^n$, их задание.

71. Унимодулярные матрицы. Целочисленный вариант теоремы двойственности.

72. Множество решений крамеровской системы линейных сравнений. Их использование для построения отсечений в целочисленном линейном программировании.

73. Метод отсечений. Полностью целочисленные алгоритмы отсечений. 2-й и 3-й алгоритмы Гомори. Эффективные методы построения унимодулярной базы.

74. Метод ветвей и границ решения задач целочисленного линейного программирования.

75. Строение выпуклой оболочки целочисленных решений системы линейных уравнений, неравенств и сравнений. Теорема Диксона. Полиэдральность множества целочисленных решений системы линейных неравенств.

76. Решение задачи о рюкзаке методом динамического программирования. Свойство периодичности.

77. Метод эллипсоидов. Полиномиальный алгоритм нахождения рационального решения системы линейных неравенств и решения задачи линейного программирования.

78. Генерирование комбинаторных объектов (перестановок, сочетаний, подмножеств и пр.).

79. Поиск в глубину в графе. Поиск в ширину в графе. Исчерпывающий поиск в деревьях решений.

80. Приоритетная очередь и ее применение (алгоритмы Прима, Дейкстры).

81. Сортировка последовательностей. Нижняя оценка сложности. Эффективные алгоритмы.

82. Структуры данных для представления систем множеств.

83. Деревья поиска. Сбалансированные деревья и их применение.

84. Понятие об эвристических, приближенных и вероятностных алгоритмах (примеры).

85. Теоретические модели вычислений: машины Тьюринга и РАМ.

86. Сводимость и классификация задач по сложности. Классы P и NP. NP-полные задачи. Теорема Кука. Примеры сведения.

87. Типы графов. Способы задания. Операции над графами. Подграфы. Изоморфизм. Метрические характеристики графов.

88. Деревья. Элементарные свойства деревьев. Код Прюфера и формула Кэли. Центр и центроид дерева. Распознавание изоморфизма деревьев.

89. Связность. Вершинная и реберная связность. Блоки. Теорема Менгера.

90. Двудольные графы. Теорема Кенига. Задача о паросочетании и системы различных представителей. Метод чередующихся цепей. Теоремы Кенига–Оре и Холла.

91. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерий планарности. Плоские триангуляции. Раскраски планарных графов. Распознавание планарности.

92. Циклы. Эйлеровы циклы. Гамильтоновы циклы. Пространства циклов и разрезов.

93. Наследственные классы графов. Обструкции. Примеры наследственных классов: кографы, хордальные графы, реберные графы, графы сравнимости, совершенные графы, интервальные графы.

94. Экстремальные задачи на графах. Независимые и доминирующие множества. Вершинные покрытия. Раскраски.

95. Перестановки, сочетания, упорядоченные разбиения множеств, разбиения на подмножества с заданной мощностной структурой, подстановки с заданной цикловой структурой, тождество Коши.

96. Производящие функции. Экспоненциальные производящие функции.

97. Числа Каталана. Числа Белла. Числа Стирлинга 2-го рода, их связь с числами Белла. Числа Стирлинга 1-го рода.

98. Линейные рекуррентные уравнения.

99. Комбинаторика групп. Подстановки и циклы. Орбиты и стабилизаторы. Лемма Бернсайда. Степенная группа. Цикловой индекс группы перестановок. Цикловые индексы некоторых классических групп. Перечисление орбит степенной группы. Веса орбит.

100. Проблема распознавания взаимной однозначности кодирования. Алфавитное кодирование. Префиксные коды. Неравенство Макмиллана. Алгоритмы Хаффмана, Фано, Шеннона.

101. Понятие энтропии и ее связь со стоимостью оптимального алфавитного кодирования. Блочное кодирование.

102. Помехоустойчивое кодирование. Построение и декодирование кода Хэмминга.

103. Динамическое программирование. Принцип Беллмана. Метод динамического программирования для решения задач дискретной оптимизации.

104. Задача математического программирования. Функция Лагранжа. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна–Таккера.

105. Минимизация функций одной переменной. Метод золотого сечения и метод Фибоначчи

106. Задачи безусловной оптимизации. Метод градиентного спуска и его варианты. Метод сопряженных градиентов. Метод Ньютона. Квазиньютоновские методы.

107. Методы 0-го порядка. Метод Хука–Дживса. Метод Нелдера–Мида.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Ленг С. Алгебра. М.: Мир, 1968.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm

2. Маклейн С. Гомология. М.: Мир, 1966.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru//library/mathematics/other.htm

3. Гельфанд С.И., Манин Ю.И., "Гомологическая алгебра", *Алгебра – 5*, Итоги науки и техн. Сер. Соврем. пробл. мат. Фундам. направления, **38**, ВИНИТИ, М., 1989, 5–233.

MathNetRu:

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=intf&paperid=132&option_lang=rus)

4. Шевалле К. Теория групп Ли. Т. 1. М.: ИЛ, 1949.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm

5. Понтрягин Л.С. Непрерывные группы. М.: Наука, 1978.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm

6. Бурбаки Н. Группы и алгебры Ли. Ч. 3. М: Мир, 1978.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm

7. Виноградов И.М. Основы теории чисел. М.: Наука, 1972;

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numtheory.htm

8. Бухштаб А.А. Теория чисел. М.: Просвещение, 1966.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numtheory.htm

9. Верещагин Н.К., Шень А. Языки и исчисления. Москва, Изд. МЦНМО, 2012.

www.mccme.ru/free-books/shen/shen-logic-part2-2.pdf

10. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. – Бином. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий, 2009. (1 экз.)

11. Таланов В.А. Математическая логика и модели вычислений. – Н.Новгород: изд-во ННГУ., 1994. (2 экз.)

12. М. Гэри, Д. Джонсон. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Изд-во: Книга по требованию, 2012. - 420 с.

13. В.А.Емеличев, О.И.Мельников, В.И.Сарванов, Р.И.Тышкевич, Лекции по теории графов: учебное пособие. – М.: URSS: ЛИБРОКОМ, 2013. – 383 с.

14. R. Niedermeier. Invitation to Fixed-Parameter Algorithms. Oxford University Press, 2006. – 316 P.

15. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука, 1981.

16. Схрейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования. М.: Мир, 1991.

17. Шевченко В.Н., Золотых Н.Ю. Линейное и целочисленное линейное программирование. Нижний Новгород, изд-во ННГУ, 2005.

18. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. М.: МНЦМО, 1999.

19. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. М.: МЦНМО, 1999.

20. Липский В. Комбинаторика для программистов. М.: Мир, 1988.

21. Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. М.: Мир, 1980.

22. Кнут Д. Искусство программирование для ЭВМ, тт.1–3. М.: Мир, 1976–1978.

23. Ху Т. Ч., Шинг М. Т. Комбинаторные алгоритмы. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004.

24. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы. Модели вычислений. Алгоритмы. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005.

25. Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. Лекции по теории графов. М.: Наука, 1990.

26. Зыков А.А. Основы теории графов. М.: Наука, 1987.

27. Харари Ф. Теория графов. М.: Мир, 1973.

28. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. М.: Наука, 1974.

29. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978.

30. Берж К. Теория графов и ее приложения. М.: ИЛ, 1962.

31. Татт У. Теория графов. М.: Мир, 1988.

32. Гульден Я., Джексон Д. Перечислительная комбинаторика. М.: Наука, 1990.

33. Рыбников К.А. Введение в комбинаторый анализ. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1985.

34. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юдин В. Методы сжатия данных. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2006.

35. Лидовский В.В. Теория информации. Учебное пособие. М.: Российский государственный технологический университет им. К. Циолковского, 2002.

36. Марков А.А. Введение в теорию кодирования. М.: Наука, 1982.

37. Фомин А.А. Основы сжатия информации. Санкт-Петербургский государственный технический университет, 1998.

38. Шеннон К. Математическая теория связи / Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963.

39. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал пресс, 2002.

б) дополнительная литература:

1. Спеньер Э. Алгебраическая топология. М.: Мир, 1971.
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm
2. Картан А., Эйленберг С. Гомологическая алгебра. М.: ИЛ., 1960.
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/other.htm

3. Серр Ж.-П. Алгебры Ли и группы Ли. М.: Мир, 1968
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm
4. Верещагин Н.К., Шень А. Лекции по математической. логике и теории алгоритмов. Ч.1. Начала теории множеств. – М.: МЦНМО, 1999. (1 зкз.)

5. Верещагин Н.К., Шень А. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Ч.2. Языки и исчисления. – М.: МЦНМО, 2000. (1 экз).

6. Ершов Ю.Л., Палютин Е.А. Математическая логика. – М.: Наука, 1979. (5 экз.)
7. Мальцев А.И. Алгоритмы и рекурсивные функции. – М.: Наука, 1965. (3 экз.)
8. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. – М.: Наука, 1975.
9. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. – М.: Наука, 1971. (2 экз.)

10. R. Tarjan. Decomposition by clique separators // Discrete Mathematics. – 1985. – V.55,№2. – P. 221-232.

11. M. Habib, P. Christopher. A survey of the algorithmic aspects of modular decomposition // Computer Science Review. – 2010. – V. 4. – P. 41-59.

12. H.L. Bodlaender. A tourist guide through treewidth // Acta Cybernetica. – 1993. – V. 11. –P. 1–23

13. B. Courcelle, J. Makowsky, U. Rotics. Linear time solvable optimization problems on graphs on bounded clique width // Theory of Computing Systems. – 2000. – V. 33, № 2. – P. 125–150.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;
- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы: заведующий кафедрой алгебры, геометрии и дискретной математики д.ф.м.н. Золотых Н.Ю., профессор кафедры алгебры, геометрии и дискретной математики Кузнецов М.И.

Рецензент(ы) ___________

Заведующий кафедрой ______________

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 №2.