МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра высшей математики ФФ

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
«__» ______ 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА

направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): Физическая информатика

Форма обучения

Очная

Семестр	**Общий объем**	**Виды учебных занятий (в часах)**				**Промежуточная аттестация (в часах)**				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	108	32	32	6	30	6			2	
4	144	32	32	8	48	18	4			2
Итого	**252**	**64**	**64**	**14**	**78**	**24**	**4**		**2**	**2**
Всего 252 часа / 7 зачётных единиц, из них: - контактная работа 150 часов										
Компетенции ОПК-1										

Ответственный за образовательную программу
д.ф.-м.н., проф. С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель курса «Дискретная математика» - дать студентам базовые знания по некоторым базовым разделам дискретной математики, таким как алгебра высказываний, комбинаторика, теория графов, линейное программирование, теория матроидов и теория кодирования, необходимым для освоения теоретических основ специальных курсов, читаемых выпускающими кафедрами на физическом факультете Новосибирского государственного университета (профиль подготовки «физическая информатика»). Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональной компетенции ОПК-1.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	**ОПК-1.1.** Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях. **ОПК -1.2.** Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественно-научных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях. **ОПК -1.3** Работает с учебной литературой в области физики и смежных с ней областях, необходимых в профессиональной деятельности. **ОПК-1.4** Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.	**Знать** математический аппарат, необходимый для решения типовых задач из некоторых базовых разделов дискретной математики, таких как алгебра высказываний, комбинаторика, теория графов, линейное программирование, теория матроидов и теория кодирования. **Уметь** решать типовые учебные задачи комбинаторики, теории графов, линейного программирования и теории кодирования; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов математики, необходимых в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

В результате изучения курса студент физического факультета НГУ, специализирующиеся по физической информатике, должны усвоить основы алгебры высказываний, комбинаторики, теории графов, линейного программирования, теории матроидов и теории кодирования, а также освоить основные методы решения стандартных задач из этих разделов дискретной математики. Кроме того, у студентов должно сформироваться умение применять методы дискретной математики для решения задач физической информатики; умение использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области дискретной математики; умение приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Для успешного освоения курса «Дискретная математика» студенты должны обладать предварительными знаниями линейной алгебры. В свою очередь, учебный курс «Дискретная математика» предоставляет студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для изучения специальных курсов, читаемых выпускающими кафедрами на физическом факультете Новосибирского государственного университета (профиль подготовки «физическая информатика»).

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	108	32	32	6	30	6			2	
4	144	32	32	8	48	18	4			2
Итого	**252**	**64**	**64**	**14**	**78**	**24**	**4**		**2**	**2**
Всего 252 часа / 7 зачётных единиц, из них: - контактная работа 150 часов										
Компетенции ОПК-1										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, консультации, дифференцированный зачёт, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: контрольные работы, задания для самостоятельного решения;

- промежуточная аттестация: дифференцированный зачёт, экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 7 зачетных единиц.

- занятия лекционного типа – 64 часа;
- практические занятия – 64 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 92 часа;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачёт, подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 32 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачёт, консультации, экзамен) составляет 136 часов.

4. **Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)						Консультации перед экзаменом	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Третий семестр										
1.	Алгебра высказываний и булевы функции	1-4	24	8	8		8			
2.	Элементы комбинаторики	5-8	24	8	8		8			
3.	Азбука теории графов	9-13	30	10	10		10			
4.	Сложность алгоритмов	14-15	12	4	4		4			
5.	Контрольная работа	16	16	2	2	6				
6.	Промежуточная аттестация (Дифференцированный зачёт)	17	8					6		2
Всего за 3 семестр			**108**	**32**	**32**	**6**	**30**	**6**		**2**
Четвёртый семестр										
1.	Алгоритмы и их сложность	1-5	35	10	10		15			
2.	Линейное программирование	6-7	14	4	4		6			
3.	Матроиды	8	7	2	2		3			
4.	Приближенные алгоритмы решения комбинаторных задач	9-12	28	8	8		12			
5.	Контрольная работа	13	15	2	2	8	3			
6.	Элементы теории кодирования	14-16	21	6	6		9			
8.	Промежуточная аттестация (Экзамен)		6					18	4	2
Всего за 4 семестр			**144**	**32**	**32**	**8**	**48**	**18**	**4**	**2**
Итого			**252**	**64**	**64**	**14**	**84**	**24**	**4**	**4**

Программа и основное содержание лекций (64 часа)

<u>3 семестр</u>

Раздел 1. Алгебра высказываний и булевы функции (8 часов)

Высказывания, логические операции. Эквивалентные преобразования высказываний, таблицы истинности, булевы функции. Совершенные нормальные формы, двойственность высказываний. Зависимость и полнота систем булевых функций. Замкнутые классы булевых функций, теорема Поста. Реализации булевых функций. Двоичный сумматор. Теорема

Шеннона о существовании функций экспоненциальной сложности в классе контактных схем. Понятие о предикатах.

Раздел 2. Элементы комбинаторики (8 часов)
Число отображений конечных множеств в конечные множества. Сочетания с повторениями, схема с перегородками. Разбиения конечных множеств и числа Стирлинга второго рода. Разбиения чисел на слагаемые. Диаграммы Ферре. Формула включений и исключений. Возвратные последовательности. Числа Каталана. Производящие функции.

Раздел 3. Азбука теории графов (10 часов)
Основные определения и понятия. Способы задания графов. Деревья, характеризации деревьев. Кодирование деревьев. Теорема Кэли. Эйлеровы обходы; достаточное условие гамильтоновости. Двудольные графы, теоремы о паросочетаниях в двудольных графах. Системы различных представителей. Плоские графы. Задачи раскраски, теорема Брукса. Экстремальные задачи на графах, теорема Турана.

Раздел 4. Сложность алгоритмов (4 часа)
Задачи распознавания. Понятие об NP-полных задачах.

Контрольная работа (2 часа).

<u>4 семестр</u>

Раздел 5. Алгоритмы и их сложность (10 часов)
Понятие о сложности алгоритма. Поиск по графу. Алгоритмы быстрой сортировки. AVL-деревья. Идея динамического программирования на примере распределительной и обратной к ней задач. Задача о кратчайшем пути. Алгоритмы Дейкстры и Флойда — Уоршелла. Метод ветвей и границ на примере задачи коммивояжера. Алгоритм Краскала для задачи о кратчайшей связывающей сети.

Раздел 6. Линейное программирование (4 часа)
Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса. Задача о назначениях.

Раздел 7. Матроиды (2 часа)
Определение и примеры матроидов. Матроиды и жадные алгоритмы.

Раздел 8. Приближенные алгоритмы решения комбинаторных задач (8 часов)
2–приближенный алгоритм для метрической задачи коммивояжера. 2–приближенный алгоритм для задачи упаковки в контейнеры. Метаэвристики. Локальный спуск. Метод локального поиска с чередующимися окрестностями. Поиск с запретами. Генетический алгоритм.

Контрольная работа (2 часа).

Раздел 9. Элементы теории кодирования (6 часов)
Постановка задач теории кодирования. Алгоритмы распознавания однозначности декодирования алфавитных кодов. Неравенство Крафта — Макмиллана для префиксной коды. Коды с минимальной избыточностью. Самокорректирующиеся коды, границы их мощности. Коды Хэмминга.

Программа практических занятий (64 часа)

3 семестр.

1. Высказывания, логические операции и булевы функции. Двойственность высказываний. Совершенные нормальные формы. Единичный n-мерный куб.
2. Замкнутые классы булевых функций, теорема Поста.
3. Реализации булевых функций схемами.
4. Понятие о предикатах.
5. Число отображений конечных множеств в конечные множества.
6. Разбиения конечных множеств. Разбиения чисел на слагаемые. Диаграммы Ферре.
7. Числа Каталана.
8. Возвратные последовательности.
9. Производящие функции.
10. Формула включений и исключений, ее применения.
11. Контрольная работа.
12. Графы, деревья, кодирование деревьев.
13. Плоские и двудольные графы, формула Эйлера.
14. Раскраска графов.
15. Обходы графов. Гамильтоновы циклы.
16. Экстремальные задачи на графах.

.

4 семестр

1. Поиск по графу. Быстрая сортировка.
2. AVL-деревья.
3. Взаимосводимость комбинаторных проблем.
4. Динамическое программирование на примере задачи о ближайшем соседе.
5. Динамическое программирование для задачи о рюкзаке.
6. Задачи о кратчайшем пути.
7. Метод ветвей и границ для задачи о рюкзаке
8. Метод ветвей и границ для задачи коммивояжера.
9. Симплекс-метод.
10. Метод искусственного базиса.
11. Матроиды и жадные алгоритмы.
12. Алгоритмы с гарантированной оценкой точности для метрической задачи коммивояжера.
13. Метаэвристики.
14. Алгоритмы распознавания однозначности декодирования алфавитных кодов.
15. Декодирование алфавитных кодов. Коды с минимальной избыточностью.
16. Самокорректирующиеся коды. Коды Хэмминга.

Самостоятельная работа студентов (102 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	26
Подготовка к контрольным работам	20
Подготовка к сдаче заданий	32
Подготовка к дифференцированному зачёту	6
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. А. В. Косточка, Ф. И. Соловьева. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов Физ. фак. НГУ: в 2 ч.] Ч.1 / Новосиб. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. теорет. кибернетики - Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2001. - 64 с. (87 экз.).
2. А. В. Косточка, Ф. И. Соловьева. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов Физ. фак. НГУ: в 2 ч.] Ч.2 / Новосиб. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. теорет. кибернетики - Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2001. - 55 с. (97 экз.).
3. Р. М. Ларин, А. В. Плясунов, А. В. Пяткин. Методы оптимизации. Примеры и задачи: учебное пособие / М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-тНовосибирск: Новосибирский государственный университет, 2003. - 120 с. (38 экз.).
4. О. В. Бородин. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов 2 курса Физ. фак. НГУ по специальности "Информатика": в 3 ч.] Ч.1./Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009. - 111 с. (52 экз.).

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

5. О. В. Бородин. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов 2 курса Физ. фак. НГУ по специальности "Информатика": в 3 ч.] Ч.1./Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009. - 111 с. (52 экз.).
6. А. В. Косточка, Ф. И. Соловьева. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов Физ. фак. НГУ: в 2 ч.] Ч.1 / Новосиб. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. теорет. кибернетики - Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2001. - 64 с. (87 экз.).
7. А. В. Косточка, Ф. И. Соловьева. Дискретная математика: учебное пособие: [для студентов Физ. фак. НГУ: в 2 ч.] Ч.2 / Новосиб. гос. ун-т, Мех.-мат. фак., Каф. теорет. кибернетики - Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2001. - 55 с. (97 экз.).

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:
- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.2 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости студента предусматривает наличие балльно-рейтинговой системы и следующих форм контроля, в ходе которых обучающиеся набирают баллы, учитываемые затем при проведении промежуточной аттестации по дисциплине:

1) сдача заданий, оформленных в соответствии с требованиями и в установленные преподавателем сроки: с 1 по 16 неделю каждого семестра (термин «сдать задачу» означает объяснение хода её решения и при необходимости ответы на дополнительные вопросы преподавателя). Типовые примеры задач приведены в п. 10.3. За каждую сданную в срок задачу начисляется 5 баллов; за задачу, сданную (полностью или частично) после установленного срока, студент получает не более 2 баллов. Срок сдачи заданий для студента может быть скорректирован по согласованию с преподавателем при наличии уважительной причины (болезнь и т.п.). Максимальное число набранных обучающимся баллов может составить 24*5=120 баллов.

2) Выполнение контрольной работы, состоящей из задач, аналогичных приведенным в п. 10.3. За правильно выполненную контрольную работу студент может получить до 100 баллов;

3) Контроль со стороны преподавателя активности работы на практических занятиях. За активную работу на каждом отдельном занятии можно получить до 2 баллов.

4) Таким образом, суммарно обучающийся, активно работавший на занятиях, успешно сдавший все задания и выполнивший контрольную работу по итогам текущего контроля успеваемости может получить до 250 баллов.

Итоги текущего контроля успеваемости учитываются при промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня. Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем.

Промежуточная аттестация по итогам первого семестра проводится в форме дифференцированного зачета.

В ходе промежуточной аттестации обучающимся предоставляется возможность увеличить набранную ими по итогам работы в семестре сумму баллов, решив дополнительно одну или несколько задач, по согласованию с преподавателем. Решение одной задачи дает дополнительно не более 5 баллов.

В рамках проведения промежуточной аттестации знания, обучающегося оцениваются по пятибалльной шкале:

оценка "отлично" - при условии, что обучающийся набрал в ходе семестра и дополнительно в ходе промежуточной аттестации 190 баллов и выше (продвинутый уровень освоения компетенции ОПК-1);

оценка "хорошо" - при наличии у обучающегося от 160 до 189 баллов (базовый уровень освоения компетенции ОПК-1);

оценка "удовлетворительно" - при наличии у обучающегося от 100 до 150 баллов, причем за контрольную работу необходимо набрать не менее 20 баллов (пороговый уровень освоения компетенции ОПК-1);

оценка "неудовлетворительно" – при наличии у обучающегося менее 100 баллов (компетенция не сформирована).

Промежуточная аттестация по дисциплине во втором семестре проводится в форме экзамена.

Регламент экзамена.

При подготовке ответов на вопросы экзаменационного билета обучающимся запрещено:

- использовать учебную литературу, в т.ч. учебники, пособия, справочники, конспекты, шпаргалки и т.п.;

использовать электронные устройства, в т.ч. ноутбук, планшет, смартфон, мобильный телефон и т.п.;

- использовать подсказки других обучающихся;
- выходить из аудитории во время подготовки к ответам на вопросы из экзаменационного билета.

Обучающийся, нарушивший эти условия, удаляется с экзамена, и ему проставляется оценка «неудовлетворительно».

Экзаменационный билет содержит три вопроса

1. Дать определение или формулировку теоремы (из списка основных формулировок и определений, полный список выдается студентам заранее).
2. Доказать теорему или описать метод.
3. Решить задачу

На 1 вопрос студент должен дать ответ сразу после получения билета. В случае успешного ответа для подготовки к ответам на 2 и 3 вопросы экзаменационного билета студенту дается один час.

Список вопросов, знание которых обязательно для обучающегося и вопросов из экзаменационных билетов размещен на сайте кафедры http://www.phys.nsu.ru/ok03/exam.html и/или http://www.phys.nsu.ru/.
Все виды задач, представленных в экзаменационном билете, разбираются/решаются на практических занятиях в рамках учебного процесса.

Порядок и критерии оценивания знаний обучающегося

Если у обучающегося остались несданные задачи, то перед экзаменом у него есть 30 минут, чтобы их сдать и получить за них баллы. Во время сдачи заданий студент может использовать свою тетрадь. За каждую задачу можно получить 2 балла.
Ответы на вопросы билета даются обучающимся в последовательности, определенной в билете. При неудовлетворительном ответе на любой из вопросов билета обучающемуся ставится оценка «неудовлетворительно».

Вопрос 1. За верную формулировку можно получить 5 баллов.
Вопрос 2. За правильное и полное доказательство теоремы/описание метода студент получает 60 баллов. За верную идею, без четкого доказательства студент получает 30 баллов. Если студент может только сформулировать теорему, то он получает 10 баллов
Вопрос 3. Задача. За правильное решение задачи студент получает до 40 баллов.
В пограничных (по баллам) ситуациях студенту могут быть заданы дополнительные вопросы после ответа на экзаменационный билет.
Итоговая оценка по промежуточной аттестации знания, обучающегося выставляется по пятибалльной шкале:
оценка "отлично" - при условии, что обучающийся набрал в ходе семестра и дополнительно в ходе промежуточной аттестации 300 баллов и выше (продвинутый уровень освоения компетенции ОПК-1);
оценка "хорошо" - при наличии у обучающегося от 250 до 299 баллов (базовый уровень освоения компетенции ОПК-1);
оценка "удовлетворительно" - при наличии у обучающегося от 150 до 249 баллов, причем за каждую контрольную работу необходимо набрать не менее 20 баллов (пороговый уровень освоения компетенции ОПК-1);
оценка "неудовлетворительно" – при наличии у обучающегося менее 150 баллов (компетенция не сформирована).

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	**Результат обучения по дисциплине**	**Оценочные средства**
ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.	Знать математический аппарат, необходимый для решения типовых задач из некоторых базовых разделов дискретной математики, таких как алгебра высказываний, комбинаторика, теория графов, линейное программирование, теория матроидов и теория кодирования.	Проверка задач для самостоятельного решения, проверка контрольных работ, дифференцированный зачёт в устной форме, экзамен в устной форме.

ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях. **ОПК -1.3** Работает с учебной литературой в области физики и смежных с ней областях, необходимых в профессиональной деятельности. **ОПК-1.4** Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.	Уметь решать типовые учебные задачи комбинаторики, теории графов, линейного программирования и теории кодирования; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов математики, необходимых в профессиональной деятельности.	Проверка задач для самостоятельного решения, проверка контрольных работ, дифференцированный зачёт в устной форме, экзамен в устной форме.

10.2. Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Дискретная математика».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ОПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме

		место грубые ошибки.	задачи. Допущены негрубые ошибки.	ошибками или с недочетами.	без недочетов и ошибок.

10.3.Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Задания для самостоятельного решения

- **3 семестр**

Задание 1
(выполнить до 15 октября)

1. Построив таблицы соответствующих функций, выяснить, эквивалентны ли формулы A и B:

$A = (\bar{x} \vee y) \to ((y|\bar{z}) \to (x \sim x \cdot z))$,

$B = xy \vee (\overline{x \to x\bar{y} \to z})$.

2. Используя основные эквивалентности доказать эквивалентность формул A и B:

$A = (x \cdot y \vee (\bar{x} \to y \cdot z)) \sim ((\bar{x} \to \bar{y}) \to z)$,

$B = (x \to y) \oplus (y \oplus z)$.

3. Найти полином Жегалкина для функции $\overline{x_1 \downarrow x_2 \to x_1 x_3}$.

4. Показать, что $f \in [A]$, выразив f формулой над множеством A:

$f = x \oplus y \oplus z,\ \ A = \{\bar{x}, xy \vee yz \vee zx\}$,

$f = xy,\ \ A = \{x \vee y, x \oplus y\}$.

5. Выяснить, является ли линейной функция f, заданная векторно

$\alpha_{f_1} = (01110011)$,

$\alpha_{f_2} = (10100110)$.

6. Определить количество булевых функций от двух переменных. Для каждой булевой функции от двух переменных определить каким классам она принадлежит.

7. Из полной в P_2 системы A выделить всевозможные базисы:

$A = \{0, x \oplus y, x \to y, xy \sim xz\}$.

8. Нейрон приходит в состояние возбуждения, когда не менее 3-х из 5-ти его дендритов возбуждены. Найти схему из 12 функциональных элементов в базисе $\{\neg, \&, \vee\}$, моделирующих нейрон. Можно ли обойтись меньшим числом элементов?

9. На множестве N натуральных чисел рассмотрим предикаты S^3 и M^3, где $S^3(x, y, z)$ истинно если и только если $x + y = z$, а $M^3(x, y, z)$ истинно если и только если $x^y = z$. Выразить наименьшее общее кратное двух чисел через S^3 и M^3. Записать предикат "x — простое число" *через* S^3 и M^3.

Задание 2

(выполнить до 15 ноября)

1. Упростить выражения:

а) $\sum\limits_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(m-1)^{n-k}$,   б) $\sum\limits_{k=2}^{n}k\binom{n}{k}$.

2. Сколькими способами можно разрезать веревку длиной n метров на куски по 1 метру, если каждый раз мы режем на две части: а) один кусок; б) все куски длиннее одного метра.

3. На кафедре университета работают 13 человек, причем каждый из них знает хотя бы один иностранный язык. Десять человек знают английский, семеро — немецкий, шестеро — французский, пятеро английский и немецкий, четверо — английский и французский, трое — немецкий и французский. Выяснить:

1) сколько человек знают все три языка;

2) сколько человек знают ровно два языка;

3) сколько человек знают только английский язык.

4. Пусть U — множество из $n\ (n \ge 3)$ элементов.

1) Найти число пар (X,Y) таких подмножеств множества U, что $X \cap Y = \varnothing$.

2) Найти число таких пар (X,Y), что $X \subseteq U, Y \subseteq U, |(X\ ,\ Y)\cup(Y\ ,\ X)|=1, |X| \ge 2, |Y| \ge 2$.

5. Сколькими способами можно расположить за круглым столом шесть супружеских пар так, чтобы мужчины и женщины чередовались и никакие двое супругов не сидели рядом?

6. Найти a_n по рекуррентным соотношениями начальным условиям: $a_{n+2} - 2\cos\alpha a_{n+1} + a_n = 0,\ a_0 = 1,\ a_1 = \cos\alpha.$

7. Найти производящую функцию $f(t)$ для последовательности $\{a_n\}$, если:

1) $a_n = n$;

2) $a_n = \sin\alpha n$.

Задание 3

(выполнить до 30 декабря)

1. Используя только определения, доказать равносильность следующих условий для графа $G = (V,E)$:

(a) любые две вершины в G соединены ровно одним путем;

(b) $|E(G)| \ge |V(G)| - 1$ и G не имеет циклов.

2. Выяснить, сколько существует попарно неизоморфных графов без петель и кратных ребер, имеющих 6 вершин, 7 ребер и 2 компоненты связности.

3. Восстановить дерево по его коду Прюфера: $(1,2,2,4,5,6,6,4,4,2,2,10)$.

4. Сколько существует различных 5-вершинных лесов на множестве вершин $\{1,2,3,4,5\}$?

5. В поселке 1000 жителей. Ежедневно каждый из них делится узнанными накануне новостей со всеми своими знакомыми. Известно, что каждая новость становится известной всем жителям поселка. Доказать, что можно выбрать 90 жителей так, что если одновременно сообщить им какую-то новость, то через 10 дней она станет известна всем жителям поселка.

6. Доказать, что

(а) любой 3-однородный граф реберно 4-раскрашиваем, причем

(б) граф Петерсена не имеет реберной 3-раскраски.

7. Если на званом обеде каждый знаком не менее, чем с половиной присутствующих, то всем можно рассесться за круглым столом так, что по обе стороны от каждого будут сидеть его знакомые. Доказать.

8. (а) Дан граф $G=(V,E)$. Доказать, что задача существования гамильтонова пути из вершины s в вершину t является NP–полной.

(б) Дан граф $G=(V,E)$ с весами ребер $c:E\to Z$. Доказать, что задача поиска минимального по весу пути из вершины s в вершину t является NP–трудной.

- **4 семестр**

Задание 1

(выполнить до 15 марта)

1. Алгоритмом фон Неймана и пирамидальным алгоритмом отсортировать массив

$$4,33,12,9,26,16,8,13,14,25,31,17,5,14,9,21.$$

Дать оценки сложности этих алгоритмов.

2. Доказать, что глубина AVL-дерева не превосходит логарифма от количества записей.

3. (а) Построить последовательность AVL-деревьев для данных, поступающих в следующем порядке:

$$29,19,9,1,4,14,39,18,36,24,15,12.$$

(б) Удалить из полученного дерева сначала 24, а затем 12.

4. Студент имеет 9 дней на подготовку к четырем экзаменам. Затратив на i-й предмет x дней, он получит оценку, указанную в таблице справа. Какое максимальное общее число баллов сможет набрать студент и как ему распределить время на подготовку?

$x \setminus i$	1	2	3	4
0	2	2	2	2
1	2	4	2	3
2	3	4	3	4
3	5	4	5	5
4	5	4	5	5

5. Завод может производить 3 вида продукции. Известно, что производство x единиц продукции i-го вида требует $s_i(x)$ единиц сырья. Известно также, что реализация единицы продукции i-го вида дает доход c_i. Требуется принять решение о количестве производимой продукции каждого вида, если в наличии имеется 65 единиц сырья.

Значения c_i и $s_i(x)$ приведены ниже.

i	1	2	3
c_i	3	4	2

$x \setminus i$	1	2	3
1	11	21	11
2	23	29	14

3	37	38	27
4	44	40	28
5	47	61	30

6. Имеется 7 предметов; стоимость i-го равна c_i, а вес – p_i. Среди подмножеств данного множества предметов, суммарный вес которых не превосходит 120, найти подмножество наибольшей стоимости.

i	1	2	3	4	5	6	7
c_i	1	2	3	4	5	6	7
p_i	10	13	21	28	40	49	56

7. Фирма получила заказ на изготовление моторов 8-ми типов по a_i штук каждого. Известно, что мотор k-го можно заметить мотором i-го типа, если $i \le k$. Стоимость производства одного мотора i-го типа составляет $c_i = 30 \cdot u_i$. Затраты на организацию производства моторов i-го типа $C_{0_i} = 60 + 50 \cdot u_i$. Моторы какого типа и в каких количествах следует производить, чтобы полностью удовлетворить потребителей и минимизировать затраты.

	1	2	3	4	5	6	7	8
a_i	20	10	50	20	80	40	20	50
u_i	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

8. Вы планируете выступить на 6 этапах кубка мира по биатлону. Для успешного выступления Вам необходимы лыжи. Перед каждым этапом можно купить новые лыжи и продать старые, если таковые имеются. Перед каждым этапом лыжи должны пройти специальную подготовку. Стоимость покупки новой пары лыж перед k-ым этапом составляет:

1	2	3	4	5	6
100	105	120	125	135	140

При этом пару лыж после *k* этапов использования можно продать за:

1	2	3	4	5	6
80	75	70	60	50	40

Стоимость обслуживания использованных лыж растет, и перед *k*-м этапом их использования составляет:

1	2	3	4	5	6
30	35	40	65	95	100

Приведите график смены лыжных пар, обеспечивающий минимальную стоимость участия, а также саму эту стоимость.

Задание 2

(выполнить до 15 апреля)

1. Найти кратчайшую связывающую сеть в полном графе с 7 вершинами, длины ребер которого совпадают с числами, стоящими выше главной диагонали в таблице 1.

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	36	44	37	41	53	43
2	42	-	48	57	43	45	51
3	35	41	-	39	39	42	38
4	38	34	35	-	52	51	34
5	40	43	47	37	-	49	35
6	33	40	56	53	36	-	45
7	33	39	39	36	34	48	-

Таблица 1

2.Пусть G — орграф, длины дуг которого приведены в таблице 2. Методом Дейкстры найти вектор кратчайших расстояний от вершины 2 до остальных вершин, а методом Флойда — Уоршелла найти матрицу кратчайших расстояний.

	1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	23	-	-	66	-
2	56	-	-	54	-	-	34
3	-	56	-	-	-	-	-
4	-	-	5	-	39	30	-
5	34	-	-	-	-	-	46
6	-	-	73	31	19	-	4
7	-	-	-	3	-	43	-

Таблица 2

3. Методом ветвей и границ решить задачу коммивояжера для матрицы расстояний, изображенной на таблице 1.

4. Построить приближенное решение задачи коммивояжера в полном графе с 7 вершинами, длины ребер которого совпадают с числами, стоящими выше главной диагонали в таблице 1, используя 2-приближенный алгоритм.

5. Методом ветвей и границ решить задачу о рюкзаке из задания 1.6

6. Доказать, что если разные циклы C_1 и C_2 матроида имеют общий элемент e, то множество

$C_1 \cup C_2 \,/\, \{e\}$ зависимо.

7. Пусть E — множество вершин графа. Пусть I состоит из всех подмножеств вершин графа, которые образуют независимое множество. Доказать, что $M = [E, I]$ не является матроидом.

8. (а)Рассматривая числа в таблице 2 как пропускные способности дуг, найти в соответствующей сети максимальный поток из вершины 2 в вершину 3.

(б) Доказать на примере необходимость увеличения пропускных способностей обратных дуг вдоль увеличивающего пути.

Задание 3

Сдать до 20 мая

1. (а) Перевести в каноническую форму следующую задачу ЛП:

Найти неотрицательные x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, доставляющие максимум функции $z = x_1 + 2x_2$ при условиях

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 + x_3 \geq 1, \\ x_1 - 2x_2 + 3x_4 = -2, \\ 5x_1 + x_2 + x_5 \leq 3. \end{cases}$$

(б) Найти неотрицательные $x_1, \ldots, x_5$, доставляющие минимум функции $z = x_2 - x_1$ при условиях

$$\begin{cases} 2 = -2x_1 + x_2 + x_3, \\ 4 = x_1 - 2x_2 + 2x_4, \\ 5 = x_1 + x_2 + 2x_5. \end{cases}$$

2. (а) Введя полный искусственный базис $\{u_1, u_2, u_3\}$, построить допустимый базис системы

$$\begin{cases} -1 = 2x_1 - x_2 + x_3 - 2x_4 + x_5 + x_6, \\ -2 = -3x_1 + x_2 + x_4 - x_5 + x_6, \\ -3 = -5x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 - x_6. \end{cases}$$

(б) Предположим, получено решение $\xi = 0$ вспомогательной задачи при базисе $\{u_1, u_2, x_3\}$:

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	u_1	u_2	u_3
u_1	0	1	0	0	3	0	1	0	0
u_2	0	0	0	0	1	3	0	1	0
u_3	7	5	-2	1	1	0	0	0	1

Построить базис, свободный от искусственных переменных.

3. Разработать метод локального поиска с чередующимися окрестностями для решения задачи коммивояжера. Матрицу с расстояниями получить у преподавателя.

4. По заданному алфавитному коду

$\{cd, ac, dd, dca, adc, cdd, ccda, acddc\}$

построить его граф и выяснить, является ли код разделимым.

5. Для заданного неразделимого кода $\{aa, ab, cc, cca, bcca, \}$ выяснить, является ли каждое из слов w кодом ровно одного сообщения:

(а) $w = ccabccabccabcc$;

(б) $w = bccaccabccabccacabcca$;

(в) $w = abbccaccabccaabab$.

6. Для заданных распределений вероятностей появления букв построить оптимальные коды по методам Фано и Хаффмана:

(а) $(0.4, 0.11, 0.1, 0.1, 0.09, 0.08, 0.07, 0.03, 0.02)$;

(b) $(0.35, 0.2, 0.2, 0.1, 0.1, 0.04, 0.01)$.

7. Построить по методу Хэминга кодовое слово для сообщения $\alpha = 01110111011$.

8. По каналу связи передавалось кодовое слово, построенное по методу Хэмминга для сообщения α. После передачи по каналу связи, искажающему слово не более чем в одном разряде, было получено слово $\beta = 1010101010100$. Восстановить исходное сообщение.

Контрольные работы

Потоковая контрольная работа. 3 семестр.

1. Найти СДНФ и полином Жегалкина для формулы $(x \vee y) \wedge (x \vee z) \wedge (y \vee z)$.
2. Дополнить импликацию до несократимого базиса минимальной мощности.
3. Доказать, что функции $\{xy, \ \ x \oplus y\}$ образуют базис класса сохраняющих 0 функций.
4. Изобразить схему функциональных элементов в базисе $(\neg, \wedge, \vee)$, реализующую умножение двух двузначных двоичных чисел.
5. В корзине лежит 4 красных шара, 5 синих и 6 желтых. Сколько можно выбрать различных множеств из 5 шаров. (Шары одного цвета считать одинаковыми)
6. Дать определение чисел Стирлинга второго рода и доказать рекуррентную формулу $S(n, m) = S(n-1, m-1) + m \cdot S(n-1, m)$
7. Найти производящую функцию рекуррентной последовательности y_n, если $y_{n+3} = 2y_{n+2} - 3_{n+1} + 5y_n$; $y_0 = 1$; $y_1 = 0$; $y_2 = 6$.
8. Доказать, что в любом дереве существует не менее двух висячих вершин.
9. Построить дерево по коду Прюфера (1, 1, 2, 2, 3, 3, 5, 9).
10. Найти количество лесов на 5 помеченных вершинах.
11. Доказать, что граф K_5 не планарен.
12. Найти минимальную рёберную раскраску для графа K_6.

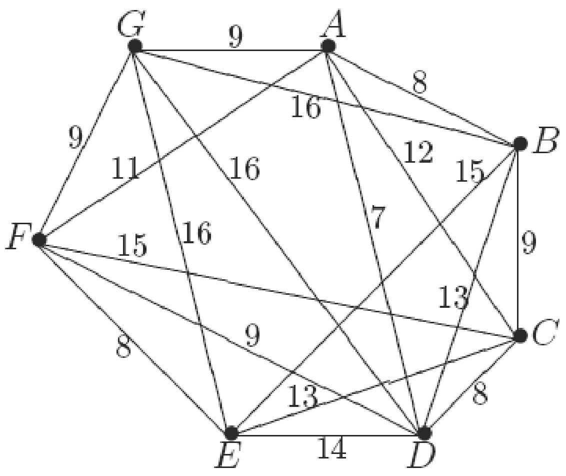
Другой вариант контрольной работы

1. Найти СДНФ и полином Жегалкина для формулы $(x \to y) \wedge (x \vee z) \wedge (z \to y)$.
2. Дополнить функцию $x \oplus y \oplus z$ до несократимого базиса минимальной мощности.
3. Найти базис линейных булевых функций.
4. Изобразить схему функциональных элементов в базисе $(\neg, \wedge, \vee)$, реализующую штрих Шеффера.
5. Сколько есть чисел от 0 до 999999, в которых каждая последующая цифра строго больше предыдущей?)

6. Доказать рекуррентную формулу для чисел Стирлинга
7. Найти производящую функцию рекуррентной последовательности y_n, если $y_{n+3} = y_{n+2} + y_{n+1} + y_n;\ \ y_0 = 1;\ \ y_1 = 0;\ \ y_2 = 6$.
8. Найти максимальное количество рёбер в графе на n вершинах, не содержащем подграф K_4.
9. Найти количество неизоморфных деревьев на 5 вершинах.
10. Доказать, что граф $K_{3,3}$ не планарен.
11. Доказать, что рёберное хроматическое число графа $K_{2n+1}=2n+1$.

Контрольная работа. 4 семестр.

1. Построить последовательность AVL–деревьев для данных, поступающих в следующем порядке:15, 7, 17, 5, 4, 3, 56, 23, 22, 6. Удалить из последнего полученного дерева 3 и 7.
2. Используя пирамидальный алгоритм, отсортировать последовательность 15, 7, 17, 5, 4, 3, 56, 23, 22, 6, 10, 25, 26.
3. Найти в полном графе, изображенном на рисунке, решение задачи коммивояжера, отличающееся от оптимального не более чем в два раза. Стоимости ребер (A,E), (B,F), (C,G) равны 19.
4. Найти нижнюю и верхнюю оценку решения задачи коммивояжера в вершинах дерева ветвления: а) (A-C-G)(C* D, G* F). б) (B-E-A) (B* C, E* F, A* D, A* G).



5. У вас есть рюкзак, который не выдержит нагрузку, превышающую 70 кг. Имеется 4 типа предметов, которые можно брать в любом количестве. Вес w_i каждого предмета, а также их стоимость, c_i приведены в таблице. Какие предметы и в каком количестве требуется взять, чтобы суммарная стоимость предметов в рюкзаке была максимальной?

	1	2	3	4
c_i	2	5	6	8
w_i	15	20	28	41

6. Решить задачу симплекс–методом, взяв в качестве исходного базисного решения точку $\bar{x}$
 $-6x_1-x_2-4x_3+x_4 \to \min$
 $3x_1+x_2-x_3+x_4=4,\ 5x_1+x_2+x_3-x_4=4,$
 $x_1,x_2,x_3,x_4 \geq 0,\ \bar{x}=(1,0,0,1).$

7. Построить допустимый базис системы:
 $-x_1-x_2+x_3-x_4+2x_5 \to \min$
 $3x_1+x_2+x_3+x_4-2x_5=10,$
 $6x_1+x_2+2x_3+3x_4-4x_5=20,$
 $10x_1+x_2+3x_3+6x_4-7x_5=30,$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0;$

Список задач для дифференцированного зачёта

1. Построив таблицы для соответствующих функций, убедиться в справедливости следующих эквивалентностей $x{\downarrow}y=((x|x)(y|y))|((x|x)|(y|y))$;
2. Найти СДНФ и полином Жегалкина для формулы $(x\to y)\oplus(x|yz)$
3. Заменить в векторе a прочерки символами 0 и 1 так, чтобы получился вектор значений некоторой линейной функции f. Выразить f полиномом.
   $a=(1\text{–}101\text{ – – –})$.
4. Выяснить, полна ли система функций $A=\{xy(x\oplus y),1\}$
5. Выяснить, полна ли система A функций, заданных векторами своих значений. $A=\{f_1=1001, f_2=11101000\}$
6. Выяснить, полна ли система $A=(L\cap F_1)\cup(S\backslash F_0)$.
7. Выяснить, можно ли расширить до базиса множество $A=\{x\oplus y,\ x\sim y\}$.
8. Найти экспоненциальные производящие функции E(t) для последовательности $a_n=n$.
9. Найти экспоненциальные производящие функции E(t) для последовательности
   $a_n=n^2$.
10. Найти экспоненциальные производящие функции E(t) для последовательности
    $a_n=n(n-1)$.
11. Пусть U — множество из n элементов. Найти число таких троек (X,Y,Z), что $X,Y,Z\subseteq\bar{U}$, $X\cup(Y\cap\bar{Z})=\bar{X}\cup\bar{Y}$.
12. Пусть U — множество из n элементов. Найти число таких пар (X,Y) подмножеств, множества U, что $X\cap Y=\varnothing$, $|X|\geq 2$, $|Y|\geq 3$.
13. Найти число целых положительных чисел, не превосходящих 1000 и не делящихся ни на одно из чисел 3, 5, 7.
14. Сколькими способами можно расставить n нулей и k единиц так, чтобы между любыми двумя единицами находилось не менее m нулей.
15. Показать, что в любом графе без петель и кратных ребер, содержащем не менее двух вершин, найдутся 2 вершины с одинаковыми степенями.
16. Доказать, что для всякого $n\geq 3$ существует n-вершинный связный граф без петель и кратных ребер, содержащий n-1 вершин с неравными друг другу степенями.
17. Сколько существует попарно неизоморфных 6-вершинных графов без петель и кратных ребер со следующим набором степеней вершин (2,2,3,3,3,5).
18. Показать, что если в мультиграфе степень каждой вершины больше 1, то в нем есть цикл.
19. Выяснить сколько существует попарно неизоморфных графов без петель и кратных ребер, имеющих 7 вершин и 18 ребер.
20. Выяснить каких графов больше с изолированными вершинами или без.
21. Доказать, что в каждом планарном графе без петель и кратных ребер есть вершина степени, не большей чем 5.
22. Доказать, что в любом планарном графе (без петель и кратных ребер), имеющем не менее 4 вершин, найдутся хотя бы 4 вершины, степени которых не больше 5.

Список вопросов к экзамену

Список основных определений и формулировок теорем для 1 вопроса билета

Определения:

АВЛ-дерево, остовное дерево, локальный минимум, матроид, база матроида, цикл матроида, поток, s-t-поток, задача линейно программирования в канонической и стандартной форме, прямо допустимая симплекс таблица, двойственно допустимая симплекс таблица, алфавитное кодирование, префиксный код, избыточность кодирования, основные классы булевых функций (T_0,T_1, S, M, L), сложностные классы P, NP и NPC.

Формулировки

задача распределения ресурсов, обратная задача распределения ресурсов, задача о ближайшем соседе (ЗБС), задача коммивояжера, теорема о существовании приближенного полиномиального алгоритма для задачи коммивояжера, нижние оценки для задачи коммивояжера (3 шт), Теорема Радо-Эдмонса, признак оптимальности базисно допустимого решения (Л 8-1), Достаточное условие неограниченности снизу целевой функции в задаче линейного программирования (Л 8-2), Критерии остановки симплекс метода, Теорема Маркова об однозначности декодирования схемы кодирования, Теорема Поста.

Список основных вопросов на экзамене

1. Лемма о высоте дерева решений, упорядочивающего последовательность из n различных элементов.
2. Рекуррентные соотношения для задачи распределения ресурсов
3. Теорема о связи прямой и обратной задачи распределения ресурсов
4. Алгоритм Дейкстры и его трудоемкость
5. Нижние оценки для задачи коммивояжера. Примитивная нижняя оценка.
6. Алгоритм с гарантированной оценкой точности для задачи коммивояжера Матроиды. Базы и циклы матроида. Матричный матроид
7. Матроиды. Базы и циклы матроида. Графический матроид
8. Матроиды. Базы и циклы матроида. Матроид разбиений
9. Матроиды. Базы и циклы матроида. К- матроид
10. Теорема Радо-Эдмонса
11. Теорема о расширении класса NPC
12. Пусть задача S$\in$NPC, докажите, что задача D$\in$NPC. (Задачи S и D выбираете самостоятельно).
13. Общая схема алгоритма локального поиска с запретами на примере задачи коммивояжера.
14. Общая схема метода ветвей и границ.
15. Общая схема симплекс метода.
16. Общая схема метода искусственного базиса.
17. Пирамидальный алгоритм сортировки.

18. Алгоритм построения АВЛ-дерева
19. Алгоритм Форда-Фалкерсона
20. Алгоритм построения графа Маркова
21. Построение кода Хаффмана и Построение кода Фано
22. Построение кода Хэмминга устраняющего 1 ошибку

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Лист актуализации фонда оценочных средств
по дисциплине «Дискретная математика»
по направлению подготовки: 03.03.02 Физика
Направленность (профиль): Физическая информатика

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного