

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики
А.М. Райгородский**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Неклассические логики
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра методов современной математики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: С.Л. Кузнецов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры методов современной математики 30.05.2022

Аннотация

Традиционно всякая логика, отличная от классической, называется «неклассической». Существует много неклассических логик, которые применяются в основаниях математики, информатике, формальной философии и эпистемологии, лингвистике и т.д. Причины, по которым ту или иную логическую систему называют неклассической, могут быть самыми разнообразными. В частности, неклассической будет любая система, удовлетворяющая хотя бы одному из следующих условий:

- поведение одной из стандартных связок (импликации, дизъюнкции, отрицания, конъюнкции) в ней отличается от классического, например импликация в ней может быть более «релевантной», избегающей так называемых «парадоксов материальной импликации»;
- в её языке присутствуют дополнительные связи, такие как модальные связки «возможно, что...» или «необходимо, что...», чья конкретная интерпретация зависит от области приложений;
- в её языке присутствуют виды кванторов, невыразимые в рамках классической логики первого порядка, такие как «существует бесконечно много x таких, что...».

Неклассические логики могут быть сильно полны относительно подходящей семантики, сильно отличающейся от классической (семантики возможных миров, топологической семантики, алгебраической семантики, теоретико-игровой семантики и т.д.). Вместе с тем для некоторых неклассических логик не существует полных дедуктивных систем ввиду их большой алгоритмической сложности; однако такие логики по-прежнему можно изучать с теоретико-модельной точки зрения.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать студентам основы знаний в области многообразия существующих логических систем, познакомить студентов с современным состоянием и развитием логики, с основными понятиями неклассических логик.

Задачи дисциплины

Развить навыки практического применения элементов и методов неклассических логик, в частности, при написании математических моделей.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания

ПК-5 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- математический аппарат неклассических логик,
- основные понятия и определения неклассических логик,
- основные законы неклассических логик.

уметь:

- применять математический аппарат неклассических логик для представления и использования данных,
- применять теоретические знания о неклассических логиках при разработке математической модели задачи.

владеть:

- математическим аппаратом неклассических логик для решения практических задач,
- навыками логического мышления.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Субструктурные логики и их приложения в лингвистике	3	3		3
2	Интуиционистская логика и некоторые конструктивные логики на её основе	3	3		3
3	Логика свидетельств	4	4		4
4	Конструктивная математика	4	4		4
5	Динамическая логика	4	4		4
6	Теоретико-игровая семантика	4	4		4
7	Мягкая линейная логика	4	4		4

8	Алгебраический взгляд на неклассические логики	4	4		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Субструктурные логики и их приложения в лингвистике

Рассматривается исчисление Ламбека, его расширения и варианты, синтаксис и семантика, и основанных на данных исчислениях формальных грамматиках.

2. Интуиционистская логика и некоторые конструктивные логики на её основе

Описание интуиционистского подхода в рамках неформальной семантики Брауэра–Гейтинга–Колмогорова для «логики исчисления задач», формальная семантика реализуемости для интуиционистской арифметики. Семантика возможных миров, семантика типа Крипке. Понятие сильного отрицания, конструктивные логики Нельсона.

3. Логика свидетельств

Рассматриваются различные системы логики свидетельств и их отношения с модальными логиками.

4. Конструктивная математика

Рассматривается конструктивная математика и конструктивная логика.

На занятии перечисляется несколько конструктивных логик, показывается, какими специфическими свойствами они обладают. Затрагивается тема верных, с точки зрения конструктивных логик и интуиционистской логики, принципов и форм рассуждений в математике, приводятся примеры классических (основанных на классической логике) доказательств и конструктивных доказательств некоторых математических теорем.

5. Динамическая логика

Динамические логики, их использование для формализации понятия корректности программы и её соответствия некоторой спецификации, для установления эквивалентности алгоритмов, автоматического синтеза программ.

Динамические логики - соединение идей одновременно классической логики, модальной логики и вычислимости.

Мотивировки, язык пропозициональной динамической логики PDL, семантика этого языка, его дедуктивная система. Также будут покрыты некоторые результаты об алгоритмической сложности для PDL.

6. Теоретико-игровая семантика

Теоретико-игровая семантика (также называется GTS) - определение GTS для классической логики первого порядка, доказательство её основных свойств, а также будет показано, что истинность формулы в GTS совпадает с истинностью в привычной семантике Тарского.

Связь GTS с понятием сколемизации функции.

GTS для расширения классической логики первого порядка, называемого IF-FOCL, рассматривается, как появление игр с неполной информацией в теоретико-игровой семантике для IF-FOCL приводит к существенным отличиям от теоретико-игровой семантики для FOCL.

7. Мягкая линейная логика

Мягкая линейная логика позволяет моделировать системы присвоения типов в лямбда-исчислении, которые характеризуют сложностные классы P, NP и PSPACE. Представление любой задачи из данного класса как задачи приведения термов определённого рода к нормальной форме. Обсуждается понятие корректности соответствующих лямбда-исчислений в классах P, NP и PSPACE.

8. Алгебраический взгляд на неклассические логики

Рассматриваются основные понятия, фундаментальные конструкции и результаты из области алгебраической семантики — мостика между логиками (исчислениями) и классами алгебр. Примеры логик и соответствующих им виды алгебр (от многим известных булевых и гейтинговых алгебр до алгебр Брауэра и модальных алгебр), определения и факты из универсальной алгебры (понятия многообразия, эквивалентного класса, теорема Биркгофа), которые составляют основу алгебраического подхода. Соотношение логик и класс алгебр. Алгебраическое описание некоторых свойств логик, таких как интерполяционное свойство или дизъюнктивное свойство.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, доска, при необходимости медиапроектор, экран.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Математическая логика [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. К. Клини ; пер. с англ. Ю. А. Гастева ; под ред. Г. Е. Минца. — М. : Мир, 1973. — 480 с.
2. Математическая логика [Текст] / А. Н. Колмогоров, А. Г. Драгагин ; Моск. гос.ун-т им. М. В. Ломоносова - М.Едиториал УРСС,2004
3. Математическая логика. Дополнительные главы[Текст] , учеб. пособие для вузов /А. Н. Колмогоров, А. Г. Драгагин. -М., МГУ, 1984
4. Языки и исчисления [Текст] / Н. К. Верещагин, А. Шень - М.МЦНМО,2017
- [1] J. Barwise, S. Feferman (eds.), Model-Theoretic Logics. Springer, 1985.
- [2] P. Blackburn, J. van Benthem, F. Wolter, Handbook of Modal Logic. Elsevier, 2007.
- [3] G. Boolos, The Logic of Provability. Cambridge University Press, 1994.
- [4] A. Chagrov, M. Zakharyashev, Modal Logic. Oxford University Press, 1997

Дополнительная литература

1. Логика [Текст] / А. Д. Гетманова - М.Академический Проект,2009

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<https://arxiv.org>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента в соответствии с данными в рабочей программе.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- при необходимости подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, диф.зачёту.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра методов современной математики
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: С.Л. Кузнецов, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Неклассические логики» обучающийся должен:

знать:

- математический аппарат неклассических логик,
- основные понятия и определения неклассических логик,
- основные законы неклассических логик.

уметь:

- применять математический аппарат неклассических логик для представления и использования данных,
- применять теоретические знания о неклассических логиках при разработке математической модели задачи.

владеть:

- математическим аппаратом неклассических логик для решения практических задач,
- навыками логического мышления.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

- исчисление Ламбека,
- неформальная семантика Брауэра–Гейтинга–Колмогорова для «логики исчисления задач»,
- семантика типа Крипке,
- конструктивные логики Нельсона,
- системы логики свидетельств и их отношения с модальными логиками,
- модальные логики. Типы модальностей,
- динамические логики и их использование для установления эквивалентности алгоритмов.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов:

1. Исчисление Ламбека (расширения, варианты, синтаксис и семантика).
2. Приложение субструктивных логик в лингвистике.
3. Интуиционистская логика. Основные законы.
4. Логика свидетельств (точность в базисных моделях, точность при наличии операции +),
5. Теорема Крейга и теорема Бета для интуиционистской логики.
6. Системы модальных логик S1, S4, S5.
7. Семантика Крипке.
8. Исчисление предикатов первого порядка как основа построения модальной логики.
9. Динамическая логика.

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые были самостоятельно обнаружены и исправлены;

оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые после указания экзаменатора были самостоятельно исправлены;

оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает неточности в ответе или делает несущественные ошибки при решении задач;

оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает небольшие ошибки в ответе и (или) при решении задач;

оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но отвечает неуверенно и (или) допускает ошибки при решении задач;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, если при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеющему некоторыми разделами учебной программы, но умеющему применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач;

оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, показавшему полное незнание учебной программы дисциплины.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 1 астрономический час на подготовку. Опрос обучающегося на зачёте не должен превышать двух астрономических часов. Во время проведения зачёта обучающиеся могут пользоваться только программой дисциплины.