**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Введение в модальную логику, тр 6, 8 сем

Introduction to Modal Logic

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 053598

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Сообщение сведений о модальных логиках в объеме, необходимом для общего развития и изучения смежных дисциплин физико-математического цикла. Усвоение основных идей, понятий и фактов теории модальных логик.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Владение курсом «Элементы математической логики».

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Обучающийся должен овладеть теоретическим материалом в объеме, предусмотренном программой, уметь применять полученные знания при решении теоретических и прикладных задач, на основе анализа освоенных разделов: общая теория нормальных (пропозициональных) модальных логик, логика доказуемости Гёделя–Лёба, связь между модальными логиками и суперинтуиционистскими логиками; уяснить логику и технику построения математической теории как фундамента самостоятельных научных исследований.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Промежуточная аттестация (экзамен) 4 часа.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр  6, 8 | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 28 |  | 4 | 3 |
|  | 2-50 |  | 2-50 |  |  |  |  |  | 2-50 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 28 |  | 4 | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | |
| Семестр 6, 8 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): **Семестр 6, 8**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| 1 | Общая теория нормальных (пропози-циональных) модальных логик | Лекции | 16 |
| практические занятия |  |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 20 |
| 2 | Логика доказуемости Гёделя–Лёба | Лекции | 10 |
| практические занятия |  |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 14 |
| 3 | Связь между модальными логиками и суперинтуиционистскими логиками | Лекции | 6 |
| практические занятия |  |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 10 |
| 4 | Экзамен | промежуточная аттестация (ауд) | 2 |
| промежуточная аттестация (с.р.) | 28 |

**Раздел 1:** *Общая теория нормальных (пропозициональных) модальных логик*

1. Начальные сведения о пропозициональных языках и дедуктивных системах: понятия (пропозициональных) формулы и логики; алгебры формул и решётки логик.

2. Интуитивное представление о модальностях в математике, философии и компьютерных науках. Нормальные модальные логики. Семантика Крипке для такого рода логик (шкалы Крипке и модели Крипке).

3. Наименьшая нормальная модальная логика (**K**). Теорема о корректности для **K**.

4. Свойства бинарных отношений, выразимые посредством модальных формул. Первая и вторая леммы о *p*-морфизмах. Невыразимость свойства иррефлексивности посредством модальной формулы в качестве следствия.

5. Лемма о расширении для нормальных модальных логик. Лемма о канонической модели для такого рода логик. Теорема о сильной полноте для **K**.

6. Канонические модальные логики (**K4**, **S4**, **S5** и так далее). Теоремы о сильной полноте для такого рода логик.

7. Метод фильтрации для нормальных модальных логик. Свойство конечных моделей для **K** и ряда других модальных логик. Разрешимость этих логик в качестве следствия.

8. Отсутствие сильной полноты для **K** относительно классов конечных шкал Крипке.

**Раздел 2:** *Логика доказуемости Гёделя–Лёба*

1. Экскурс в формальную арифметическую доказуемость: предикаты доказуемости в арифметике Пеано и их основные свойства.

2. Логика доказуемости Гёделя–Лёба (**GL**) и её связь с арифметикой Пеано.

3. Характеризация нётеровых шкал посредством формулы Лёба. Неканоничность **GL**.

4. Системы Хинтикки для **K**. Теорема о слабой полноте **GL**. Свойство конечных моделей для **GL** и разрешимость **GL** в качестве следствий.

5. Отсутствие компактности семантики и сильной полноты для **GL**.

**Раздел 3:** *Связь между модальными логиками и суперинтуиционистскими логиками*

1. Точное вложение интуиционистской (пропозициональной) логики **Int** в модальную логику **S4** посредством трансляции МакКинси–Гёделя–Тарского.

2. Логика Гжегорчика (**Grz**). Наибольшие и наименьшие модальные напарники для суперинтуиционистских логик.

3. Интерполяционное свойство Крейга для **S4** и ряда других модальных логик. Интерполяционное свойство Крейга для **Int** в качестве следствия.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Посещение лекций.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Основная и дополнительная литература.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

**Методика проведения экзамена**

Экзамен проводится в устной форме. Билет состоит из двух вопросов. Время подготовки ответа на вопросы билета составляет 60 минут.

Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы экзамена категорически запрещено. В случае обнаружения факта использования недозволенных материалов (устройств) составляется акт и студент удаляется с экзамена. После ответа на вопросы билета преподаватель задает несколько дополнительных вопросов, на основании оценки ответов на которые итоговая оценка по предмету может быть повышена или понижена.

Критерии выставления оценок:

Оценка «отлично» ставится за полностью раскрытый теоретический материал и правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя. В болонской шкале оценка может быть скорректирована в ту или иную сторону с учетом малозначительных погрешностей изложения или, напротив, углубленного изложения материала.

Оценка «хорошо» ставится за изложенный теоретический материал билета (возможно с помощью наводящих подсказок преподавателя).

Оценка «удовлетворительно» ставится за знание основных вопросов по каждой теме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если не выполняются условия для получения оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно».

Соответствие оценки СПбГУ и оценки ECTS (Европейской системы переноса и накопления зачётных единиц):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Итоговый процент выполнения, % | Оценка СПбГУ при  проведении зачёта | Оценка ECTS | Оценка СПбГУ при  проведении экзамена |
| 90-100 | зачтено | A | отлично |
| 80-89 | зачтено | B | хорошо |
| 70-79 | зачтено | C | хорошо |
| 60-69 | зачтено | D | удовлетворительно |
| 50-59 | зачтено | E | удовлетворительно |
| менее 50 | не зачтено | F | неудовлетворительно |

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Период обучения (модуль): **Семестр 6, 8**

**Список вопросов к экзамену**:

1. Пропозициональные языки и дедуктивные системы: понятия (пропозициональных) формулы и логики; алгебры формул и решётки логик. Примеры.

2. Нормальные модальные логики. Семантика Крипке для такого рода логик (шкалы Крипке и модели Крипке).

3. Наименьшая нормальная модальная логика (**K**). Теорема о корректности для **K**.

4. Свойства бинарных отношений, выразимые посредством модальных формул. Примеры. Первая и вторая леммы о *p*-морфизмах. Невыразимость свойства иррефлексивности посредством модальной формулы.

5. Лемма о расширении для нормальных модальных логик. Лемма о канонической модели для такого рода логик. Теорема о сильной полноте для **K**.

6. Канонические модальные логики. Примеры. Теоремы о сильной полноте для такого рода логик.

7. Метод фильтрации для нормальных модальных логик. Свойство конечных моделей для **K** и ряда других модальных логик. Разрешимость этих логик в качестве следствия.

8. Отсутствие сильной полноты для **K** относительно классов конечных шкал Крипке.

9. Предикаты доказуемости в арифметике Пеано и их основные свойства.

10. Логика доказуемости Гёделя–Лёба (**GL**) и её связь с арифметикой Пеано.

11. Характеризация нётеровых шкал посредством формулы Лёба. Неканоничность **GL**.

12. Системы Хинтикки для **K**. Теорема о слабой полноте **GL**. Свойство конечных моделей для **GL** и разрешимость **GL**.

13. Отсутствие компактности семантики и сильной полноты для **GL**.

14. Точное вложение интуиционистской (пропозициональной) логики **Int** в модальную логику **S4** посредством трансляции МакКинси–Гёделя–Тарского.

15. Логика Гжегорчика (**Grz**). Наибольшие и наименьшие модальные напарники для суперинтуиционистских логик.

16. Интерполяционное свойство Крейга для **S4** и ряда других модальных логик. Интерполяционное свойство Крейга для **Int** в качестве следствия.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, должны вмещать поток в соответствии со списком студентов

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

доска для письма мелом или фломастером

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

не требуется

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

не требуется

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Мел — не менее 1 куска на час лекционных занятий, фломастеры для доски, губка

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Барвайс, Дж. (ред.) Справочная книга по математической логике. Часть 4: Теория доказательств и конструктивная математика / пер. с англ. Г.В. Давыдова и Г.Е. Минца; под ред. В.П. Оревкова. — М.: Наука, 1983. — 391 с.

2. Непейвода, Н.Н. Прикладная логика. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000. — 490 с.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Барвайс, Дж. (ред.) Справочная книга по математической логике. Часть 1: Теория моделей / пер. с англ. С.С. Гончарова и др.; под ред. Ю.Л. Ершова и др. — М.: Наука, 1982. — 391 с.

2. Кейслер, Г., и Чэн, Ч.Ч. Теория моделей / пер. с англ. С.С. Гончарова и др.; под ред. Ю.Л. Ершова и А.Д. Тайманова. — М.: Мир, 1977. — 614 с.

3. Карнап, Р. Значение и необходимость: исследование по семантике и модальной логике / пер. с англ. Н.В. Воробьева; общ. ред. Д.А. Бочвара; предисл. С.А. Яновской. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. — 382 с.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. Гольдблатт, Р. Логика времени и вычислимости. — Москва: ОИЛКРЛ, 1992. — 139 с.

2. Одинцов, С.П., Сперанский, С.О., и Дробышевич, С.А. Введение в неклассические логики. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2014. — 133 с.

3. Хинтикка, Я. Логико-эпистемологические исследования: сборник избранных статей / сост., вступ. ст. и общ. ред. В.Н. Садовского и В.А. Смирнова. — М.: Прогресс, 1980. — 448 с.

4. Blackburn, P., de Rijke, M., and Venema, Y. Modal Logic. — Cambridge: Cambridge University Press, 2001. — xxii + 554 p.

5. Chagrov, A., and Zakharyaschev, M. Modal Logic. — Oxford: Оxford University Press, 1997. — xv + 605 p.

6. Gabbay, D.M., and Maksimova, L.L. Interpolation and Definability: Modal and Intuitionistic Logics — Oxford: Oxford University Press, 2005. — xiv + 508 p.

7. Priest, G. An Introduction to Non-Classical Logic: From If to Is. — 2nd ed. — Cambridge: Cambridge University Press, 2008. — xxxii + 613 p.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Сперанский Станислав Олегович, кандидат физико-математических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного университета, s.o.speranski@spbu.ru