**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория сложности вычислений (осн курс), тр 5, 7 сем

Computational Complexity Theory

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 053631

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Сообщение сведений о классах сложности вычислений и взаимоотношений между ними. Усвоение основных идей, понятий и фактов.

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

Владение курсом «Теоретическая информатика».

**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: Теорема Тода, интерактивные протоколы с публичным источником случайных чисел, интерактивные протоколы с приватным источником случайных чисел и вероятностно проверяемые доказательства.

**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 | | | | Объем активных и интерактивных форм учебных занятий | Трудоемкость | |
| 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  5, 7 | 30 | 30 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 48 | |  | 32 |  | 34 | | 4 |
|  | 2-50 |  | 2-50 |  |  |  |  |  | 2-50 |  |  |  | 1-1 | |  | 1-1 |  |  | |  |
| ИТОГО | 30 | 30 | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 48 | |  | 32 |  | 34 | | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 5, 7 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации, по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): **Семестр 5, 7**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Количество часов |
| 1 | Теорема Тода | Лекции | 10 |
| семинары | 10 |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 16 |
| 2 | Интерактивные протоколы с публичным источником случайных чисел | Лекции | 10 |
| семинары | 10 |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 16 |
| 3 | Интерактивные протоколы с приватным источником случайных чисел и вероятностно проверяемые доказательства | Лекции | 10 |
| семинары | 10 |
| в присутствии преподавателя |  |
| по методическим материалам | 16 |
| 4 | Экзамен | промежуточная аттестация (ауд) | 2 |
| промежуточная аттестация (с.р.) | 32 |

1. Повторение и закрепление основных понятий из курса «теоретическая информатика»: детерминированная, недетерминированная машина Тьюринга; повторение основных фактов о них: иерархии по времени и памяти, полиномиальная иерархия; сводимости, трудные и полные задачи. Различные определения классов, основанных на дереве вычислений НМТ.
2. ParityP, замкнутость относительно дополнения и использования оракула.
3. Лемма Вэлианта-Вазирани и её релятивизованный вариант.
4. BPP^BPP^A = BPP^A, ParityP^BPP^A ⊆ BPP^ParityP^A и первая часть теоремы Тода.
5. PP, #P. Вторая часть теоремы Тода.
6. Интерактивный протокол для перманента. Схемная сложность PP.
7. IP, протокол для неизоморфизма графов, IP=PSPACE.
8. Классы MA и AM с односторонней и двусторонней ошибкой. Параллельное уменьшение ошибки в протоколах с одним прувером. MA⊆AM.
9. EBPP⊆NP^BPP⊆MA=MA\_2⊆ZPP^NP⊆Σ\_2.
10. Сокращение числа раундов в доказательствах Артура-Мерлина.
11. Протокол Гольдвассер-Сипсера: IP[f(n)]⊆ AM[f(n)+2].
12. MIP=NEXP.
13. Первая часть PCP-теоремы. Связь с неаппроксимируемостью.
14. Вторая часть PCP-теоремы.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Посещение лекций и практических занятий

**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 5, 7**

**Список вопросов к экзамену**:

1. Класс ParityP, доказательство его замкнутости относительно дополнения и использования оракула.
2. Доказательство леммы Вэлианта-Вазирани и её релятивизованного варианта.
3. Доказательство BPP^BPP^A = BPP^A, ParityP^BPP^A ⊆ BPP^ParityP^A и PH ⊆ BPP^ParityP.
4. PP, #P. Доказательство BPP^ParityP ⊆ P^PP
5. Интерактивный протокол для перманента. Схемная сложность PP.
6. Определение класса IP, протокол для неизоморфизма графов.
7. Теорема Шамира IP=PSPACE (с доказательством).
8. Классы MA и AM с односторонней и двусторонней ошибкой. Параллельное уменьшение ошибки в протоколах с одним прувером. Доказательство MA⊆AM.
9. Доказательство цепочки включений EBPP⊆NP^BPP⊆MA=MA\_2⊆ZPP^NP⊆Σ\_2.
10. Доказательство AM[k]=AM[2].
11. Протокол Гольдвассер-Сипсера: IP[f(n)]⊆ AM[f(n)+2].
12. MIP=NEXP.
13. PCP-теорема (формулировка). Доказательство неаппроксимируемости MAX-SAT.
14. Доказательство первой части PCP-теоремы.
15. Доказательство второй части PCP-теоремы.

**Темы докладов на семинарах:**

1. Полиномиальные сводимости.

2. Классы, задаваемые деревьями вычислений.

3. Выделение единственного решения.

4. Считающие классы.

5. Интерактивные протоколы с публичными случайными битами.

6. Интерактивные протоколы с приватными случайными битами.

7. Схемная сложность.

8. Вычисления с разным количеством битов подсказки.

9. Вычисления с ограничениями по памяти.

10. Вероятностные вычисления без ошибки.

11. Количество раундов и количество пруверов в интерактивных  
протоколах.

12. Приближенные вычисления.

13. Ограничения доступа ко входу.

**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**

* Китаев, Шень, Вялый, [Классические и квантовые вычисления](http://www.mccme.ru/free-books/), МЦНМО, 1999. Доступно с http://www.mccme.ru/free-books/
* Oded Goldreich, [Introduction to Complexity Theory](http://eccc.uni-trier.de/static/books/Introduction_to_Complexity_Theory/). Lecture Notes, Weizmann Institute of Science, 1998-99. Доступно с http://eccc.uni-trier.de/static/books/Introduction\_to\_Complexity\_Theory/

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

* [Sanjeev Arora and Boaz Barak. Computational Complexity: A Modern Approach. Cambridge University Press, 2009](http://www.cs.princeton.edu/theory/complexity/)

**Раздел 4. Разработчики программы**

Гирш Эдуард Алексеевич, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ПОМИ РАН, edward.a.hirsch@gmail.com