|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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:** | | Computational and Complexity/Сложность вычислений | | | | | | | |  |
| **по направлению:** | | Прикладная математика и информатика | | | | | | | |  |
| **профиль подготовки:** |  | Contemporary Сombinatorics/Современная комбинаторика | | | | | | | |  |
|  |  | Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики | | | | | | | |  |
|  | | кафедра дискретной математики | | | | | | | | |
| **курс:** | | 1 | | | | | | | |  |
| **квалификация:** | | магистр | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Аудиторных часов: 45 всего, в том числе: | | | | | |  | | |  |  |
|  | лекции: 15 час. | | | | |  | | |  |  |
|  | семинары: 30 час. | | | | |  | | |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Самостоятельная работа: 45 час. | | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2 | | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Программу составил: | | Д.В. Мусатов, канд. физ.-мат. наук, доцент | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Программа обсуждена на заседании кафедры дискретной математики 05.03.2020 | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  | |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **Аннотация** | | | | | | | | | |  |
| Этот курс предназначен для обеспечения теоретической основы информатики. Его также можно назвать «Философия вычислений» или «Основные концепции информатики». В отличие от курсов по математическим программам, он сосредоточен на понятиях и идеях, а не на подробных доказательствах. Основная цель - дать интуитивное представление о том, что является алгоритмической проблемой, какие проблемы можно решить в принципе, а какие проблемы можно решить эффективно. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **1. Цели и задачи** | | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **Цель дисциплины** | |  |  |  |  |  | | |  |  |
| освоение дополнительных глав сложных расчетов. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **Задачи дисциплины** | | | | | |  | | |  |  |
| • студенты, осваивающие базовые знания (концепции, концепции, методы и модели) в области сложных вычислений; | | | | | | | | | |  |
| • приобретение теоретических знаний и практических навыков в области сложных вычислений; | | | | | | | | | |  |
| • консультирование и помощь студентам в проведении собственных теоретических исследований в области сложных вычислений. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **2. Перечень формируемых компетенций** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: | | | | | | | | | |  |
| Код и наименование компетенции | | | Индикаторы достижения компетенции | | | | | | |  |
| УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки | | | УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности | | | | | | |  |
| ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | | | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области прикладной математики и информатики | | | | | | |  |
| ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и алгоритмы, основные законы естествознания, современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии | | | ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)** |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| В результате освоения дисциплины обучающиеся должны | | | | | |  | | |  |  |
| знать: | |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории сложных вычислений;   современные задачи соответствующих разделов сложных расчетов;   понятия, аксиомы, методы доказательства и доказательства основных теорем в разделах, входящих в основную часть цикла;   основные свойства соответствующих математических объектов;   аналитические и численные подходы и методы решения типовых прикладных задач сложных расчетов. | | | | | | | | | |  |
| уметь: | | | | | |  | | |  |  |
|  понять задачу;   использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач ЭК;   оценивать правильность постановки задач;   строго доказывать или опровергать заявление;   самостоятельно находить алгоритмы решения проблем, в том числе нестандартных, и проводить их анализ;   самостоятельно видеть последствия результатов;   точно представлять математические знания в области сложных вычислений в устной и письменной форме. | | | | | | | | | |  |
| владеть: | | | | | |  | | |  |  |
|  навыки усвоения большого количества информации и решения задач (в том числе сложных);   навыки самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;   культура постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих использования математических подходов и методов ЭК для их решения;   предметный язык сложных вычислений и навыки грамотного описания решения задач и представления результатов. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **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 | Что такое алгоритм? Модели вычислений. Вычислимые функции. Универсальные вычислимые функции. Вычислительные ресурсы. | | 2 | 4 |  | | | 4 | |  |
| 2 | Алгоритмически неразрешимые проблемы: проблема самоприменимости, проблема остановки, “busy beavers” и др. | | 2 | 4 |  | | | 6 | |  |
| 3 | Связи между вычислимостью и формальной арифметикой. Теорема Гёделя о неполноте. | | 2 | 4 |  | | | 6 | |  |
| 4 | Понятие полиномиальной сводимости (по Карпу). NP-трудность и NP-полнота. Теорема Кука-Левина и примеры NP полных задач из комбинаторики, логики, теории графов и др. | | 2 | 4 |  | | | 6 | |  |
| 5 | Вероятностные вычисления. Сложностные классы BPP, RP и coRP. Уменьшение ошибки. Вероятностные тесты простоты и равенства многочленов. | | 2 | 4 |  | | | 6 | |  |
| 6 | Сложность в среднем и основания криптографии. Односторонние функции и генераторы псевдослучайных чисел. Криптографические протоколы, их корректность и надёжность. | | 2 | 4 |  | | | 7 | |  |
| 7 | Вероятностно проверяемые доказательства и их связь с приближённым решением NP-трудных задач | | 3 | 6 |  | | | 10 | |  |
| Итого часов | | | 15 | 30 |  | | | 45 | |  |
| Подготовка к экзамену | | | 0 час. | | | | | | |  |
| Общая трудоёмкость | | | 90 час., 2 зач.ед. | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| 4.2. | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Семестр: 2 (Весенний) | | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 1. Что такое алгоритм? Модели вычислений. Вычислимые функции. Универсальные вычислимые функции. Вычислительные ресурсы. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Разрешимые и перечислимые множества. Несколько эквивалентных свойств и базовые свойства. Теорема Поста. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 2. Алгоритмически неразрешимые проблемы: проблема самоприменимости, проблема остановки, “busy beavers” и др. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Понятие m-сводимости. Конструкция неперечислимого множества, дополнение к которому также неперечислимо (проблема тотальности).. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 3. Связи между вычислимостью и формальной арифметикой. Теорема Гёделя о неполноте. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Вычисления с оракулом: концепция и её свойства. Релятивизация вычислимости. Недетерминированные вычисления. Сложностные классы P, NP, coNP. Проблема равенства P и NP. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 4. Понятие полиномиальной сводимости (по Карпу). NP-трудность и NP-полнота. Теорема Кука-Левина и примеры NP полных задач из комбинаторики, логики, теории графов и др. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Пространственная сложность. Сложностные классы PSPACE, L и NL. Теоретико-игровая интерпретация PSPACE. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 5. Вероятностные вычисления. Сложностные классы BPP, RP и coRP. Уменьшение ошибки. Вероятностные тесты простоты и равенства многочленов. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Интерактивные коммуникационные протоколы и системы доказательств. Сложностной класс IP: примеры и приложения. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 6. Сложность в среднем и основания криптографии. Односторонние функции и генераторы псевдослучайных чисел. Криптографические протоколы, их корректность и надёжность. | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Доказательства с нулевым разглашением. Свойства совершенно, статистически и вычислительно нулевого разглашения. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | 7. Вероятностно проверяемые доказательства и их связь с приближённым решением NP-трудных задач | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Техники дерандомизации и псевдослучайные конструкции. Почему мы уверены, что вероятностные алгоритмы не расширяют вычислительную мощность (т. е. P=BPP | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | | |  |  |
|  | Стандартная аудитория | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **6.Перечень рекомендуемой литературы** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Основная литература | | | | | | | | |  |  |
|  | 1. Введение в сложность вычислений [Текст] / В. Н. Крупский - М.Факториал Пресс,2006 | | | | | | | | |  |
|  | 2. Коммуникационная сложность [Текст] / А. А. Разборов ; пер. с англ. Ю. Л. Притыкина ; под ред. В. А. Клепцына, С. М. Львовского - М.МЦНМО,2012 | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Дополнительная литература | | | | | | | | |  |  |
|  | 1. Вычислительная математика и структура алгоритмов [Текст] : 10 лекций о том, почему трудно решать задачи на вычислительных системах параллельной архитектуры и что надо знать дополнительно, чтобы успешно преодолевать эти трудности : учебник для вузов / В. В. Воеводин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— 2-е изд., стереотип. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010 .— 168 с. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | http://dm.fizteh.ru | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | Мультимедийные технологии можно использовать на лекциях и практических занятиях, в том числе на презентациях. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| 1. Рекомендуется успешно сдать контрольные работы, так как это упрощает итоговую аттестацию по предмету. | | | | | | | | | |  |
| 2. Для подготовки к итоговой аттестации по предмету лучше всего использовать лекционные материалы. | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  | | | |  | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | | | | | | | | | |  |
| **по направлению:** | | Прикладная математика и информатика | | | | | | | |  |
| **профиль подготовки:** |  | Contemporary Сombinatorics/Современная комбинаторика | | | | | | | |  |
|  |  | Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики | | | | | | | |  |
|  | | кафедра дискретной математики | | | | | | | |  |
| **курс:** | | 1 | | | |  | | |  |  |
| **квалификация:** | | магистр | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **Разработчик:** | | Д.В. Мусатов, канд. физ.-мат. наук, доцент | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** | | | | | | | | | |  |
| Код и наименование компетенции | | | Индикаторы достижения компетенции | | | | | | |  |
| УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки | | | УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности | | | | | | |  |
| ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | | | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области прикладной математики и информатики | | | | | | |  |
| ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и алгоритмы, основные законы естествознания, современные языки программирования и программное обеспечение; операционные системы и сетевые технологии | | | ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** | | | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Computational and Complexity/Сложность вычислений» обучающийся должен: | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  фундаментальные понятия, законы, теории сложных вычислений;   современные задачи соответствующих разделов сложных расчетов;   понятия, аксиомы, методы доказательства и доказательства основных теорем в разделах, входящих в основную часть цикла;   основные свойства соответствующих математических объектов;   аналитические и численные подходы и методы решения типовых прикладных задач сложных расчетов. | | | | | | | | | |  |
| **уметь:** | |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  понять задачу;   использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач ЭК;   оценивать правильность постановки задач;   строго доказывать или опровергать заявление;   самостоятельно находить алгоритмы решения проблем, в том числе нестандартных, и проводить их анализ;   самостоятельно видеть последствия результатов;   точно представлять математические знания в области сложных вычислений в устной и письменной форме. | | | | | | | | | |  |
| **владеть:** | |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  навыки усвоения большого количества информации и решения задач (в том числе сложных);   навыки самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;   культура постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих использования математических подходов и методов ЭК для их решения;   предметный язык сложных вычислений и навыки грамотного описания решения задач и представления результатов. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Оценка за курс состоит из 3 домашних заданий (каждое дает 10% итоговой оценки), промежуточного (30%) и итогового теста (40%). Домашние задания содержат несколько проблем и представляют собой три основных блока: вычислимость, основы сложности и интерактивные протоколы. Промежуточный семестр содержит вычислимость и теорию NP-полноты, финальный тест содержит все темы, но с большим упором на вторую половину курса. Промежуточный и итоговый тесты могут содержать не только задачи, но и вопросы с несколькими вариантами ответов и некоторые теоретические вопросы: например, по определениям. | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
| Пример задач домашнего задания | | | | | | | | | |  |
| 1. Пусть f: N → N - неубывающая функция, стремящаяся к бесконечности. Докажите, что существует неразрешимое множество A такое, что для всех k множество A∩ {0,1,…, k} состоит не более чем из f (k) элементов. | | | | | | | | | |  |
| 2. Докажите, что данное множество не перечислимо и не ко-перечислимо. | | | | | | | | | |  |
| 3. Докажите, что данный язык является PSPACE-полным. | | | | | | | | | |  |
| 4. Обеспечьте интерактивную систему проверки для данного языка. | | | | | | | | | |  |
| 5. Для данной головоломки постройте вычислительно протокол с нулевым разглашением, доказывающий, что равновесие существует. Этот протокол не должен использовать сводимость для какой-то другой проблемы. | | | | | | | | | |  |
| 6. Докажите, что для некоторого ρ приближенное решение данной оптимизационной задачи с фактором ρ является NP-трудным. | | | | | | | | | |  |
| Примеры задач с множественным выбором из промежуточных и финальных экзаменов | | | | | | | | | |  |
| 1. Какие из следующих свойств означают, что множество перечислимо? | | | | | | | | | |  |
| а. Разрешимость множества | | | | | | | | | |  |
| б. Бесконечность множества | | | | | | | | | |  |
| c. Конечность множества | | | | | | | | | |  |
| d. Перечислимость дополнения | | | | | | | | | |  |
| е. Перечислимость некоторого подмножества | | | | | | | | | |  |
| 2. Для различных предположений сложности нарисуйте диаграмму Эйлера для следующих классов: coNP, BPP, PSPACE, L, IP. | | | | | | | | | |  |
| 3. Какие варианты определения не изменяют класс IP? | | | | | | | | | |  |
| Примеры или обычные задачи из промежуточных и финальных | | | | | | | | | |  |
| 1. Предоставьте NP-полные языки A и B такие, что A∩B∈P. | | | | | | | | | |  |
| 2. Докажите NP-полноту данного языка. | | | | | | | | | |  |
| 3. Пусть f: {0,1} ^ n → {0,1} ^ n - односторонняя функция, а g: {0,1} ^ n → {0,1} ^ n - полиномиально вычислимая функция. Докажите, что функция h: {0,1} ^ 2n → {0,1} ^ 2n, определенная формулой h (xy) = f (g (x)) y, также является односторонней. | | | | | | | | | |  |
| 4. Дерандомизируйте данный алгоритм аппроксимации, используя метод условных ожиданий. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| 1. Вычислительные модели: однопленочные и многоленточные машины Тьюринга. Тезис Тьюринга в сильной форме. | | | | | | | | | |  |
| 2. Измерение времени работы алгоритма. Класс P и примеры задач из него. | | | | | | | | | |  |
| 3. Класс NP: два определения и их эквивалентность. Класс coNP. Полиномиальная сводимость Карпа и ее свойства. NP-сложные и NP-полные задачи. Теоремы об иерархии. | | | | | | | | | |  |
| 4. Теорема Люднера о существовании NP-промежуточных задач. Измерение зоны действия алгоритма. PSPACE класс. Теорема Савича. PSPACE-полные задачи. | | | | | | | | | |  |
| 5. Классы L, NL и coNL. NL-полнота. NL = coNL. | | | | | | | | | |  |
| 6. Вероятностные алгоритмы. Классы БПП и РП. Алгоритмы вероятностной проверки простоты. Интерактивное свидетельство и класс IP. | | | | | | | | | |  |
| 7. Интерактивные доказательства с обычными случайными битами и классом AM. | | | | | | | | | |  |
| 8. IP = PSPACE. | | | | | | | | | |  |
| 9. Основные понятия криптографии: односторонние функции и псевдослучайные генераторы. | | | | | | | | | |  |
| 10. Доказательства с нулевым разглашением. | | | | | | | | | |  |
| 11. Приближенное определение оптимума: полиномиальные алгоритмы для отдельных задач и теорема PCP. | | | | | | | | | |  |
| 12. Введение в теорию колмогоровской сложности. | | | | | | | | | |  |
| 13. Введение в теорию квантовых вычислений. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Критерии оценивания | | | | | |  | | |  |  |
| Оценка «отлично (10)» выставляется студенту, который проявил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала образовательной программы, самостоятельно выполнил все задачи, предусмотренные программой, глубоко изучил основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой. , активно работает в классе и понимает основные научные концепции по изучаемой дисциплине, проявил творческий подход и научный подход в понимании и представлении материала образовательной программы, ответ на который характеризуется использованием богатых и адекватных терминов, а также последовательным и логичным изложение материала; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «отлично (9)» дается студенту, который продемонстрировал всестороннее систематическое знание материала образовательной программы, самостоятельно выполнил все задачи, предусмотренные программой, глубоко усвоил основную литературу и знаком с рекомендуемой дополнительной литературой. по программе, активно проработал на занятиях, показал системность знаний по дисциплине, достаточную для дальнейшего изучения, а также умение самостоятельно расширять ее, ответ которой отличается точностью используемых терминов, а изложение материала в нем последовательное и логичное; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, который проявил полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в своем ответе, самостоятельно выполнил все задания, предусмотренные программой, изучил основную литературу, рекомендованную учебной программой. программа, активно проработанная на занятиях, показала системность его знаний по дисциплине, достаточных для дальнейшего изучения, а также способность самостоятельно их усиливать; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, который проявил достаточно полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в ответе, самостоятельно выполнил все задания, предусмотренные программой, изучил основную рекомендованную литературу по программе, активно работал на занятиях, показал системность своих знаний по дисциплине, достаточных для дальнейшего изучения, а также умение самостоятельно их усиливать; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, который проявил достаточно полное знание материала образовательной программы, не допускает существенных неточностей в своем ответе, самостоятельно выполнил основные задачи, предусмотренные программой, изучил основную литературу. рекомендован программой, показал систематичность своих знаний по дисциплине, достаточную для дальнейшего изучения; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «хорошо (5)» дается студенту, продемонстрировавшему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, который, не проявляя достаточной активности на уроках, тем не менее самостоятельно выполнял овладел основными задачами, предусмотренными программой, освоил основную литературу, рекомендованную программой, допустил ошибки в их выполнении и ответе во время тестирования, но имеет необходимые знания для исправления этих ошибок самостоятельно; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «удовлетворительно (4)» дается студенту, обнаружившему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, который, не проявляя достаточной активности на уроках, тем не менее самостоятельно выполнял выполнил основные задачи, предусмотренные программой, изучил основную литературу, но допустил ошибки в их выполнении и в своем ответе во время тестирования, но имеет необходимые знания для исправления этих ошибок под руководством преподавателя; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, проявившему знание материала основной образовательной программы в объеме, необходимом для дальнейшего обучения и будущей работы по профессии, не проявившего активности на занятиях, самостоятельно выполнившего основные задания, предусмотренные законодательством. программа, но допускающая ошибки в их выполнении и в ответе при тестировании, но обладающая необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных ошибок; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «неудовлетворительно (2)» дается студенту, который показал пробелы в знаниях или недостаток знаний по значительной части материала основной образовательной программы, не выполнил самостоятельно основные задачи, требуемые программой, допустил принципиальные ошибки в выполнение предусмотренных программой задач, который не может продолжить учебу или начать профессиональную деятельность без дополнительной подготовки по рассматриваемой дисциплине; | | | | | | | | | |  |
| Оценка «неудовлетворительно (1)» ставится студенту при отсутствии ответа (отказ от ответа) или когда представленный ответ не соответствует сути вопросов, содержащихся в задании. | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Во время экзамена студенту разрешается использовать программу дисциплины. | | | | | | | | | |  |