

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Теория информации и сложность вычисления
<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и информатика
<b>профиль подготовки:</b>	А1360: Передовые методы искусственного интеллекта Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра дискретной математики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.А. Шабанов, д-р физ.-мат. наук, доцент, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры дискретной математики 12.02.2024

## Аннотация

"Теория информации и сложность вычисления" — это дисциплина, изучающая основные принципы передачи, хранения и обработки информации, а также алгоритмическую сложность вычислений. В рамках этого курса студенты познакомятся с основными концепциями теории информации, такими как энтропия, избыточность и сжатие данных, а также узнают о теории кодирования и криптографии. Особое внимание уделяется теории сложности вычислений, включая классы вычислительной сложности, NP-полноту, аппроксимационные алгоритмы и другие аспекты. Студенты также изучат теорию вычислимости, модели вычислений Тьюринга и неразрешимые задачи.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Развить у студентов глубокое понимание фундаментальных концепций теории информации и сложности вычислений. Обучить студентов использовать математические инструменты для анализа и оценки количества информации, сложности вычислений и ограничений вычислительных процессов. Способствовать развитию у студентов критического мышления и способности оценивать возможности и ограничения современных вычислительных технологий.

#### Задачи дисциплины

- развить умение применять математические инструменты для анализа и решения задач теории информации и сложности вычислений;
- развитие логического мышления и способности к абстрактному мышлению.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)

ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные концепции теории информации и сложности вычислений;
- математические инструменты для анализа и оценки количества информации и сложности вычислений;
- ограничения вычислительных процессов и возможности современных вычислительных технологий.

уметь:

- применять теоретические знания к решению практических задач в разных областях;
- оценивать сложность алгоритмов и вычислительных задач;
- анализировать и интерпретировать данные с помощью теории информации.

владеть:

- критическим мышлением и способностью оценивать информацию;
- способностью видеть "большую картину" и понимать взаимосвязи между разными концепциями.

### 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	Лабораторные работы	Самост.

		лекции	семинары	лаборат. работы	работа
1	Теория информации	6	4		5
2	Алгоритмы и сложность вычислений	4	4		10
3	Криптография и теория информации	2	6		10
4	Количественные методы анализа информации	8	6		10
5	Сложность вычислений в различных областях	10	10		10
Итого часов		30	30		45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

##### Семестр: 6 (Весенний)

##### 1. Теория информации

Основные понятия теории информации (энтропия, избыточность, каналы коды). Методы сжатия данных (алгоритмы Хаффмана, алгоритмы Лемпеля-Зива). Информационная энтропия и её применение в компьютерных науках.

##### 2. Алгоритмы и сложность вычислений

Основные классы сложности (P, NP, NP-полные задачи). Современные методы алгоритмизации (динамическое программирование, жадные алгоритмы). Теорема Кука-Левина и её применение к сложности вычислений.

##### 3. Криптография и теория информации

Основы криптографии и безопасности информации. Классы сложности в криптографии (эффективность алгоритмов шифрования и дешифрования). Криптографические примитивы и их связь с теорией информации.

##### 4. Количественные методы анализа информации

Методы измерения количества информации (Шенноновская энтропия, мультиинформация). Приложения теории информации в статистике и машинном обучении. Информационные парадоксы и их разрешение.

##### 5. Сложность вычислений в различных областях

Сложность вычислений в алгоритмах машинного обучения и искусственного интеллекта. Вычислительная сложность в теории графов и комбинаторике. Применение теории сложности к оптимизационным задачам.

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

Стандартная учебная аудитория.

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

Теория информации [Текст] : базовые принципы/В. И. Николаев, -С-Пб., Изд-во СЗТУ, 2006

#### Дополнительная литература

Теория информации. Теоретические основы передачи информации в АСУ [Текст] / Б. Я. Советов ; М-во высш. и сред. спец. образов. РСФСР - Л.Изд-во Ленингр. ун-та,1977

### **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)**

На лекциях используется компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система),

### **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.

Успешное освоение дисциплины требует:

- посещения студентом всех видов аудиторных занятий;
- ведения конспекта в ходе лекционных занятий;
- качественной самостоятельной подготовки к практическим занятиям, активной работы на них;
- активной самостоятельной и аудиторной работы студента;
- своевременной сдачи преподавателю заданий по аудиторным видам работ.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и информатика
<b>профиль подготовки:</b>	АІ360: Передовые методы искусственного интеллекта Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра дискретной математики
<b>курс:</b>	<u>3</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Д.А. Шабанов, д-р физ.-мат. наук, доцент, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория информации и сложность вычисления» обучающийся должен:

### знать:

- основные концепции теории информации и сложности вычислений;
- математические инструменты для анализа и оценки количества информации и сложности вычислений;
- ограничения вычислительных процессов и возможности современных вычислительных технологий.

### уметь:

- применять теоретические знания к решению практических задач в разных областях;
- оценивать сложность алгоритмов и вычислительных задач;
- анализировать и интерпретировать данные с помощью теории информации.

### владеть:

- критическим мышлением и способностью оценивать информацию;
- способностью видеть "большую картину" и понимать взаимосвязи между разными концепциями.

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

1. Что такое энтропия в контексте теории информации? Какие основные свойства у энтропии?
2. Какие методы сжатия данных вы знаете? Объясните принцип работы алгоритма Хаффмана.
3. Что такое классы сложности P и NP? Какие задачи относятся к классу NP-полных задач?
4. Что такое теорема Кука-Левина? Какое значение она имеет для теории сложности вычислений?
5. Каким образом теория информации связана с криптографией? Объясните понятие криптографической стойкости.
6. Что такое мультиинформация и как она используется для анализа данных?
7. Какие основные примитивы криптографии вы знаете? Расскажите о принципе работы симметричного и асимметричного шифрования.
8. Какие методы измерения количества информации можно использовать в статистике и машинном обучении?
9. В чем заключается проблема  $P=NP$ ? Почему это одна из самых важных открытых проблем в информатике?
10. Какие приложения теории информации и сложности вычислений можно найти в современных технологиях, таких как машинное обучение, криптовалюты или сети передачи данных?

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

1. Какие основные принципы лежат в основе теории кодирования? Объясните понятия кода Хэмминга и кода Лемпеля-Зива.
2. Что такое алгоритмическая сложность? Как она связана с понятием вычислительной сложности?
3. Какие методы используются для оценки информационной энтропии в различных типах данных, таких как текстовая информация, изображения и звуковые сигналы?
4. Каким образом теория информации применяется в области машинного обучения и анализа данных? Приведите примеры использования информационных мер в этих областях.
5. Что такое алгоритмическая случайность? Как она связана с понятием информационной энтропии?



6. Какие методы используются для защиты информации от утечки при передаче через открытые каналы связи? Объясните понятие криптографической защиты.
7. Какие задачи относятся к классу NP-трудных задач? Приведите примеры из различных областей, где встречаются NP-трудные задачи.
8. В чем заключается понятие алгоритмической неразрешимости? Приведите примеры задач, для которых не существует алгоритма их решения.
9. Как теория информации связана с теорией вероятностей? В чем заключается понятие условной энтропии и как оно используется?
10. Какие основные методы сжатия данных используются в современных системах передачи и хранения информации? Объясните принцип работы методов потерьного и беспотерьного сжатия данных.
11. Объясните понятие алгоритма на основе теории вычислимости. Что такое эффективная вычислимость и частичная вычислимость?
12. Что представляет собой модель вычислений Тьюринга? Как она используется для изучения вычислительных задач?
13. В чем состоит проблема останова алгоритма? Почему она является примером неразрешимой задачи?
14. Как теорема Райса-Успенского ограничивает возможности автоматического анализа программ?
15. Что такое NP-полные задачи? Какова их роль в теории сложности вычислений?

Примеры экзаменационных билетов:

Билет №1

1. Что такое алгоритмическая сложность? Как она связана с понятием вычислительной сложности?
2. Каким образом теория информации применяется в области машинного обучения и анализа данных? Приведите примеры использования информационных мер в этих областях.

Билет №2

1. Какие задачи относятся к классу NP-трудных задач? Приведите примеры из различных областей, где встречаются NP-трудные задачи.
2. Какие основные принципы лежат в основе теории кодирования? Объясните понятия кода Хэмминга и кода Лемпеля-Зива.

Критерии оценивания

Оценка "Отлично" (10) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы, код оформлен в едином удобочитаемом стиле.

Оценка "Отлично" (9) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы.

Оценка "Отлично" (8) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач.

Оценка "Хорошо" (7) - полностью решены все задачи. Допущены несущественные ошибки.

Оценка "Хорошо" (6) - полностью решено большинство задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Хорошо" (5) - полностью решено две трети задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Удовлетворительно" (4) - полностью решено более половины задач. В остальных задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Удовлетворительно" (3) - полностью решено более половины задач.

Оценка "Неудовлетворительно" (2) - решено менее половины задач.

Оценка "Неудовлетворительно" (1) - не решено ни одной задачи.

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

Экзамен может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать одного астрономического часа.