

A vibrant, fantastical digital landscape. In the foreground, a wizard with a long white beard, wearing a blue and gold robe and a feathered hat, stands on a grid-like ground. He is surrounded by colorful, glowing energy lines in shades of blue, purple, and green. To his right, a large, glowing green lizard with a red eye and a long tail is perched on the grid. The background features jagged, golden mountains under a sunset sky with orange and yellow hues. The overall scene is filled with magical and technological elements.

**Методы Оптимизации в Машинном  
Обучении. Правила курса**

**Даня Меркулов**

ФКН ВШЭ

## Общая информация о курсе

- Лектор — Меркулов Даниил Максимович (AI4Science, Сколтех, ВШЭ, МФТИ)
- Курс для студентов 3-го курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю
- Старт учебной недели — 12 января. Длительность — 20 недель
- Курс проходит в очном формате
- Курс охватывает темы выпуклой и невыпуклой непрерывной оптимизации, особенно мотивированные задачами и приложениями в машинном обучении. Рассматриваются разные темы — от фундаментальных материалов до недавних исследований
- Основная коммуникация происходит через группу в  Telegram
- Команда курса оставляет за собой право внести мелкие изменения в эту презентацию в течение семестра

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.2 \\ 0.35 \\ 0.3 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Project/Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\text{🔄}}{10} \right) + 0.5 \cdot \text{🐾} \right) \right)$$

- Test, HW, Project/Colloquium, Exam — оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неважной причине тест ставится 0
- Оценка за тесты считается как среднее арифметическое по лучшим 10 тестам за семестр
- Через несколько недель после начала семестра необходимо выбрать ваш трек оценивания (коллоквиум или проект)
- Во время сдачи коллоквиума/проекта вы должны знать все вопросы из теоретического минимума курса, в противном случае за курс ставится 0
- 🔄 — количество принятых коммитов в главный репозиторий с учебными материалами
- 🐾 = 1, если пропущены менее 25% семинаров не по уважительной причине. Иначе 🐾 = 0
- Оценка 10 может быть получена только при условии, что все 4 компоненты оценок больше, чем 8

# Тесты

- Короткие тесты по материалам предыдущей лекции проводятся в начале или в конце лекции
- Тесты проводятся в Google Forms
- Тесты очные
- Для каждого студента его оценка за тесты считается как среднее арифметическое по лучшим 10 тестам за семестр: если вы написали 12 тестов, то ваша оценка за тесты будет равна среднему арифметическому по 10 самым высоким оценкам из этих 12 тестов

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса `hse26.fmin.xyz`
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс Google Classroom с настоящим именем, фамилией и фотографией профиля
- Убедитесь, что вы пользуетесь одним Google-аккаунтом для тестов и домашних заданий
- Дедлайны — жесткие, сдвигаться не будут. Убедитесь, что вы не отправляете задание в последние минуты.
- При оформлении решений можно использовать машинописный формат сдачи (`quarto`, `markdown`, `latex`).
- Вы можете оформлять теоретические задачи, например, с помощью планшета красивым понятным почерком. Обратите, пожалуйста, внимание, что в таком случае ассистенту должны быть понятны почерк, оформление, а также качество изображения.
- Домашние задания выдаются по темам лекций, но сдаются не после каждой недели, а группами по несколько недель (примерно раз в месяц)
- Теоретическая часть домашних заданий оформляется в формате `.pdf`, практическая — в формате `.ipynb`. Сдавать в Classroom нужно оба файла (допускается сдача одного файла, если были только практические задачи или только теоретические)
- При решении домашних задач вы не можете использовать LLM для написания кода/решения задачи

# Коллоквиум

- Коллоквиум пройдет в конце учебного года (точная дата будет объявлена позднее) и будет включать в себя только материалы по темам прошедших лекций.
- Оценка за коллоквиум складывается из 4 частей:
  - Вопросы по формулировкам — 3 балла
  - Теорема с доказательством — 2 балла
  - Решение задачи — 3 балла
  - Дополнительный вопрос — 2 балла
- Сначала выдаются 6 случайных определений/формулировок из списка. При правильном ответе хотя бы на 3 из 6 определений/формулировок коллоквиум продолжается дальше, и вы получаете  $x - 3$  баллов, где  $x$  — число правильно отвеченных вопросов. В противном случае за коллоквиум выставляется 0 баллов
- При успешной сдаче определений вам выдается билет, содержащий теоретический вопрос на доказательство, а также задачу. На подготовку к ответу дается 20 минут. Теоретический вопрос на доказательство будет по теоремам из списка. Для подготовки к задачам советуем повторить домашние задания, а также задачи с семинаров. В процессе беседы по предыдущим пунктам экзаменатор может задавать уточняющие вопросы
- После ответа на предыдущие этапы экзаменатор задает дополнительный вопрос, например, задачу или вопрос, связанный с теорией. Ответ на дополнительный вопрос оценивается в 2 балла.

# Проект

- Подробная информация о проектах будет выложена на сайте курса
- Проекты выполняются в группах по 2-3 человека. В редких случаях допускается изменение количества участников группы
- Проекты выполняются на протяжении всего семестра
- Идеальным результатом проекта является статья на хорошую профильную конференцию/workshop/научный журнал
- В проекте должна быть хотя бы минимальная содержательная связь с темами курса
- В конце курса мы проведем постерную сессию, на которой каждая команда представит свой постер
- Все члены команды должны активно работать над проектом
- В случае, если у руководителя проекта/ментора/лектора/семинариста будут обоснованные сомнения в том, что член команды принимает активное участие в проекте, его могут попросить сдавать коллоквиум по материалам курса вместо проекта

# Экзамен

- Письменный экзамен проводится во время летней сессии
- Экзамен длится 4 часа
- Экзамен состоит из задач по темам курса, а также вопросов по теории

# Теоретический минимум курса

- Неравенство Йенсена для выпуклой функции
- Необходимые условия локального экстремума для задачи безусловной оптимизации
- Достаточные условия локального экстремума для задачи безусловной оптимизации
- Функция Лагранжа для задачи условной оптимизации
- Формула итерации метода градиентного спуска
- Формула итерации метода Ньютона
- Формула итерации метода тяжелого шарика
- Что такое батч и эпоха в стохастическом градиентном спуске для задачи минимизации конечной суммы

- Boyd S. P., Vandenberghe L. Convex optimization. – Cambridge University Press, 2004.
- Nocedal J., Wright S. J. (ed.). Numerical optimization. – New York, NY : Springer New York, 1999.
- Nesterov Y. et al. Lectures on convex optimization. – Berlin : Springer, 2018. – Т. 137. – С. 576.
- Жадан В. Г. Методы оптимизации. Части 1, 2, 3 // М.: МФТИ. – 2014.
- Сайт с материалами курса [hse26.fmin.xyz](http://hse26.fmin.xyz)