



Методы Оптимизации в Машинном  
Обучении. Правила курса

Даня Меркулов

ФКН ВШЭ

## Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)

## Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)
- Курс для студентов 3 курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю

## Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)
- Курс для студентов 3 курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю
- Старт учебной недели - 13 января. Длительность 20 недель

## Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)
- Курс для студентов 3 курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю
- Старт учебной недели - 13 января. Длительность 20 недель
- Курс проходит в очном формате

## Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)
- Курс для студентов 3 курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю
- Старт учебной недели - 13 января. Длительность 20 недель
- Курс проходит в очном формате
- Курс охватывает темы выпуклой, невыпуклой, непрерывной оптимизации, особенно мотивированные задачами и приложениями в Машинном Обучении. Рассматриваются разные темы - от фундаментальных материалов до недавних исследований

# Общая информация о курсе

- Лектор - Меркулов Даниил Максимович (Сколтех, МФТИ, ВШЭ)
- Курс для студентов 3 курса ПМИ ФКН ВШЭ. 1 лекция + 1 семинар в неделю
- Старт учебной недели - 13 января. Длительность 20 недель
- Курс проходит в очном формате
- Курс охватывает темы выпуклой, невыпуклой, непрерывной оптимизации, особенно мотивированные задачами и приложениями в Машинном Обучении. Рассматриваются разные темы - от фундаментальных материалов до недавних исследований
- Информация в данной презентации может быть немного адаптирована

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0
- Оценка за коллоквиум является блокирующей (если набрать меньше 3.5 из 10, то курс не сдан)

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0
- Оценка за коллоквиум является блокирующей (если набрать меньше 3.5 из 10, то курс не сдан)
- Если средняя оценка за тесты ниже 5, то оценка за курс не может быть выше 5

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0
- Оценка за коллоквиум является блокирующей (если набрать меньше 3.5 из 10, то курс не сдан)
- Если средняя оценка за тесты ниже 5, то оценка за курс не может быть выше 5
- $\Omega$  - количество принятых коммитов в главный репозиторий с учебными материалами

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \cdot \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0
- Оценка за коллоквиум является блокирующей (если набрать меньше 3.5 из 10, то курс не сдан)
- Если средняя оценка за тесты ниже 5, то оценка за курс не может быть выше 5
- $\Omega$  - количество принятых коммитов в главный репозиторий с учебными материалами
- $\paw = 1$ , если пропущены менее 25% семинаров не по уважительной причине. Иначе  $\paw = 0$

## Оценивание

Оценка за курс вычисляется по следующей формуле:

$$\text{grade} = \text{round} \left( \min \left( 10, \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.35 \\ 0.25 \\ 0.25 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \text{Test} \\ \text{HW} \\ \text{Colloquium} \\ \text{Exam} \end{bmatrix} + 0.5 \min \left( 1, \frac{\Omega}{10} \right) + 0.5 \paw \right) \right)$$

- Test, HW, Colloquium, Exam - оценки за соответствующие активности от 0 до 10
- Тесты проводятся (по возможности) на каждой лекции по материалам предыдущей лекции. За пропущенный по неуважительной причине тест ставится 0
- Оценка за коллоквиум является блокирующей (если набрать меньше 3.5 из 10, то курс не сдан)
- Если средняя оценка за тесты ниже 5, то оценка за курс не может быть выше 5
- $\Omega$  - количество принятых коммитов в главный репозиторий с учебными материалами
- $\paw = 1$ , если пропущены менее 25% семинаров не по уважительной причине. Иначе  $\paw = 0$
- 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

- Короткие тесты по материалам предыдущей лекции проводятся в начале или в конце лекции
- Тесты проводятся в Google Forms

## Тесты

- Короткие тесты по материалам предыдущей лекции проводятся в начале или в конце лекции
- Тесты проводятся в Google Forms
- Тесты очные

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса hse25.fmin.xyz
- Сдаются в Google Classroom

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в Classroom с настоящим именем, фамилией и фотографией профиля

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса hse25.fmin.xyz
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в Classroom с настоящим именем, фамилией и фотографией профиля
- Убедитесь, что вы пользуетесь одним google аккаунтом для тестов и домашних заданий

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в 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.

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в 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 следует использовать машинописный формат сдачи (quarto, markdown, latex).

Если вас это не устраивает, вы можете оформлять теоретические задачи, например, с помощью планшета красивым понятным почерком. Но у ассистентов есть право не проверять рукописные работы, если почерк, оформление, сканирование, качество им не понятны.

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в 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 следует использовать машинописный формат сдачи (quarto, markdown, latex).

Если вас это не устраивает, вы можете оформлять теоретические задачи, например, с помощью планшета красивым понятным почерком. Но у ассистентов есть право не проверять рукописные работы, если почерк, оформление, сканирование, качество им не понятны.

- Домашние задания выдаются по темам лекции, но сдаются не после каждой недели, а группами по несколько недель (примерно раз в месяц)

## Домашние задания

- Выкладываются на сайте с материалами курса [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)
- Сдаются в Google Classroom
- Важно, чтобы вы вступили в класс в 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 следует использовать машинописный формат сдачи (quarto, markdown, latex).

Если вас это не устраивает, вы можете оформлять теоретические задачи, например, с помощью планшета красивым понятным почерком. Но у ассистентов есть право не проверять рукописные работы, если почерк, оформление, сканирование, качество им не понятны.

- Домашние задания выдаются по темам лекции, 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт в конце учебного года (точная дата будет объявлена позднее) и будет включать в себя только материалы по темам прошедших лекций.

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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 определения/формулировки 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 верно отвеченных вопросов. В противном случае за коллоквиум выставляется 0 баллов.

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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 определения/формулировки 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 верно 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 40 минут. Теоретический вопрос на доказательства 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.

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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 определения/формулировки 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 верно 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 40 минут. Теоретический вопрос на доказательства 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.

## Коллоквиум

- Коллоквиум пройдёт 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 определения/формулировки 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 верно 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 40 минут. Теоретический вопрос на доказательства 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.
- Если во время коллоквиума человек не может написать формулировку неравенства Йенсена для выпуклой функции, условия локального экстремума для задачи безусловной оптимизации, метод градиентного спуска, метод Ньютона, метод тяжелого шарика, что такое батч и эпоха, за курс ставится 0.

## Экзамен

- Письменный экзамен проводится во время летней сессии

## Экзамен

- Письменный экзамен проводится во время летней сессии
- Экзамен длится 3 часа

## Материалы

- Boyd S. P., Vandenberghe L. Convex optimization. – Cambridge university press, 2004.

## Материалы

- 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.

## Материалы

- 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. – T. 137. – C. 576.

## Материалы

- 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.

## Материалы

- 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 [hse25.fmin.xyz](http://hse25.fmin.xyz)