



# НТО

**МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ**  
**Всероссийской междисциплинарной олимпиады**  
**школьников 8–11 класса**  
**«Национальная технологическая олимпиада»**  
**по профилю**  
**«Нейротехнологии и когнитивные науки»**

2024/25 учебный год

*[ntcontest.ru](https://ntcontest.ru)*

УДК 373.5.016:[004.89:612.8]

ББК 74.26.3.2

Н46

Авторы:

И. А. Басюл, Т. К. Бергалиев, А. В. Богачева, С. О. Букаев, Н. М. Букаева, Д. А. Докучаев, О. Е. Есенина, О. Ю. Заборская, О. В. Зубков, М. А. Киселева, И. А. Поликарпов, С. В. Сахно

**Н46** Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада». Учебно-методическое пособие  
Том 16 **Нейротехнологии и когнитивные науки**  
— М.: Ассоциация участников технологических кружков, 2025. — 227 с.

ISBN 978-5-908021-15-9

Данное пособие разработано коллективом авторов на основе опыта проведения всероссийской междисциплинарной олимпиады школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада» в 2024/25 учебном году, а также многолетнего опыта проведения инженерных соревнований для школьников. В пособии собраны основные материалы, необходимые как для подготовки к олимпиаде, так и для углубления знаний и приобретения навыков решения инженерных задач.

В издании приведены варианты заданий по профилю Национальной технологической олимпиады за 2024/25 учебный год с ответами, подробными решениями и комментариями. Пособие адресовано учащимся 8–11 классов, абитуриентам, школьным учителям, наставникам и преподавателям учреждений дополнительного образования, центров молодежного и инновационного творчества и детских технопарков.

Методические материалы также могут быть полезны студентам и преподавателям направлений, относящихся к группам:

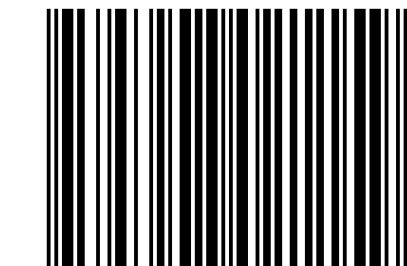
37.00.00 Психология

02.00.00 Компьютерные и информационные науки

06.00.00 Биологические науки

09.00.00 Информатика и вычислительная техника

ISBN 978-5-908021-15-9



9 785908 021159 >

УДК 373.5.016:[004.89:612.8]

ББК 74.26.3.2

# Оглавление

<b>1 Введение</b>	<b>5</b>
1.1 Национальная технологическая олимпиада	5
1.2 Нейротехнологии и когнитивные науки	13
<b>2 Первый отборочный этап</b>	<b>15</b>
2.1 Работа наставника НТО на этапе	15
2.2 Предметный тур. Информатика	16
2.2.1 Первая волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	16
2.2.2 Вторая волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	26
2.2.3 Третья волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	36
2.2.4 Четвертая волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	49
2.3 Предметный тур. Биология	64
2.3.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	64
2.3.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	70
2.3.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	78
2.3.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	84
2.3.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	92
2.3.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	99
2.3.7 Четвертая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	107
2.3.8 Четвертая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	113
2.4 Инженерный тур	121
<b>3 Второй отборочный этап</b>	<b>128</b>
3.1 Работа наставника НТО на этапе	128
3.2 Инженерный тур	130
3.2.1 Индивидуальные задачи . . . . .	130
3.2.2 Командные задачи . . . . .	141

---

<b>4</b>	<b>Заключительный этап</b>	<b>149</b>
<b>4.1</b>	<b>Работа наставника НТО при подготовке к этапу</b>	<b>149</b>
<b>4.2</b>	<b>Предметный тур</b>	<b>151</b>
4.2.1	Информатика. 8–11 классы . . . . .	151
4.2.2	Биология. 8–9 классы . . . . .	165
4.2.3	Биология. 10–11 классы . . . . .	171
<b>4.3</b>	<b>Инженерный тур</b>	<b>179</b>
4.3.1	Общая информация . . . . .	179
4.3.2	Легенда задачи . . . . .	179
4.3.3	Требования к команде и компетенциям участников . . . . .	179
4.3.4	Оборудование и программное обеспечение . . . . .	179
4.3.5	Описание задачи . . . . .	180
4.3.6	Материалы для подготовки . . . . .	224
<b>5</b>	<b>Критерии определения победителей и призеров</b>	<b>225</b>
<b>6</b>	<b>Работа наставника после НТО</b>	<b>227</b>

# 1. Введение

## 1.1. Национальная технологическая олимпиада

Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада» (далее — Олимпиада, НТО) проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 10.02.2022 № 211-р при координации Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и при содействии Министерства просвещения Российской Федерации, Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Ассоциации участников технологических кружков, Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов, АНО «Россия — страна возможностей», АНО «Платформа Национальной технологической инициативы» и Российского движения детей и молодежи «Движение Первых».

Проектное управление Олимпиадой осуществляет структурное подразделение Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» — Центр Национальной технологической олимпиады. Организационный комитет по подготовке и проведению Национальной технологической олимпиады возглавляют первый заместитель Руководителя Администрации Президента Российской Федерации С. В. Кириенко и заместитель Председателя Правительства Российской Федерации Д. Н. Чернышенко.

Национальная технологическая олимпиада — это командная инженерная Олимпиада, позволяющая школьникам работать в самых передовых инженерных направлениях. Она базируется на опыте Олимпиады Кружкового движения НТИ и проводится с 2015 года, а с 2016 года входит в перечень Российского совета олимпиад школьников и дает победителям и призерам льготы при поступлении в университеты.

Всего заявки на участие в десятом юбилейном сезоне (2024–25 гг.) самых масштабных в России командных инженерных соревнованиях подали более 140 тысяч школьников. Общий охват олимпиады с 2015 года превысил 880 тысяч участников.

НТО способствует формированию профессиональной траектории школьников, увлеченных научно-техническим творчеством и помогает им:

- определить свой интерес в мире современных технологий;
- получить опыт решения комплексных инженерных задач;
- осознанно выбрать вуз для продолжения обучения и поступить в него на льготных условиях.

Кроме того, НТО позволяет каждому участнику познакомиться с перспективными направлениями технологического развития, ведущими экспертами и найти единомышленников.

## ***Ценности НТО***

Национальная технологическая олимпиада — командные инженерные соревнования для школьников и студентов. Олимпиада создает уникальное пространство, основанное на общих ценностях и смыслах, которыми делятся все участники процесса: школьники, студенты, организаторы, наставники и эксперты. В основе Олимпиады лежит представление о современном технологическом образовании как новом укладе жизни в быстро меняющемся мире. Эта модель предполагает:

- доступность качественного обучения для всех, кто стремится к знаниям;
- возможность непрерывного развития;
- совместное формирование среды, где гуманитарные знания и новые технологии взаимно усиливают друг друга.

Это — образ общества будущего, в котором участники Олимпиады оказываются уже сегодня.

## ***Решать прикладные задачи, нацеленные на умножение общественного блага***

В заданиях Олимпиады используются актуальные вызовы науки и технологий, адаптированные под уровень школьников. Они имеют прикладной характер и отражают реальные потребности общества, а системное и профессиональное решение подобных задач способствует развитию общего блага. Олимпиада предоставляет возможность попробовать себя в этом направлении уже сегодня и найти единомышленников.

## ***Создавать, а не только потреблять***

Стремление к созданию нового ценится выше потребления готового, а ориентация на общественную пользу — выше личной выгоды. Это не исключает заботу о собственных интересах, но подчеркивает: творчество приносит больше удовлетворения, чем пассивное потребление. Олимпиада — совместный труд организаторов, партнеров и участников, в котором важнее стремление решать общие задачи, чем критика чужих усилий.

## ***Работать в команде***

Командная работа рассматривается не только как эффективный способ достижения целей, но и как основа для формирования сообщества, объединенного общими ценностями. Команда помогает раскрыть индивидуальность каждого, при этом сохраняя уважение к другим. Такие горизонтальные связи необходимы для реализации амбициозных технологических проектов. Олимпиада способствует формированию подобного сообщества и приглашает к его созданию всех заинтересованных.

## ***Осваивать и ответственно развивать новые технологии***

Сообщество Национальной технологической олимпиады — часть Кружкового движения НТИ, объединенные интересом к современным технологиям, стремлением

к их пониманию и созданию нового. Возможности технологий постоянно расширяются, однако развитие должно сопровождаться ответственностью. Этика инженера и ученого предполагает осознание последствий своих решений. Главное правило — создавая новое, не навредить.

### ***Играть честно и пробовать себя***

Ценится честная победа, достигнутая в рамках установленных правил. Это предполагает отказ от списывания, давления и манипуляций. Честная игра означает уважение к себе, команде и соперникам. Олимпиада поддерживается как безопасное пространство, где каждый может пробовать новое, не опасаясь ошибок, и постепенно становиться сильнее и увереннее в себе.

### ***Быть человеком***

Соревнования — это сложный и эмоционально насыщенный процесс, в котором особенно важны порядочность, вежливость и чуткость. Эмпатия, уважение и забота делают участие полезным и комфортным. Высоко ценится бережное отношение к людям и их труду, отказ от токсичной критики и готовность нести ответственность за слова и поступки. Участие в общем деле помогает не только окружающим, но и самому человеку.

## ***Организационная структура НТО***

НТО — межпредметная олимпиада. Спектр соревновательных направлений (профилей НТО) сформирован на основе актуального технологического пакета и связан с решением современных проблем в различных технологических отраслях. С полным перечнем направлений (профилей) можно ознакомиться на сайте НТО: <https://ntcontest.ru/tracks/nto-school/>.

Соревнования в рамках НТО проводятся по четырем трекам:

1. НТО Junior для школьников (5–7 классы).
2. НТО школьников (8–11 классы).
3. НТО студентов.
4. Конкурс цифровых портфолио «Талант НТО».

В 2024/25 учебном году 21 профиль НТО включен в Перечень олимпиад школьников, ежегодно утверждаемый Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также в Перечень олимпиад и иных интеллектуальных и (или) творческих конкурсов, утверждаемый приказом Министерства просвещения Российской Федерации. Это дает право победителям и призерам профилей НТО поступать в вузы страны без вступительных испытаний (БВИ), получить 100 баллов ЕГЭ или дополнительные 10 баллов за индивидуальные достижения. Преимущества при поступлении победителям и призерам НТО предлагают более 100 российских вузов.

НТО для школьников 8–11 классов проводится в три этапа:

- Первый отборочный этап — заочный индивидуальный. Участникам предлагаются предметный тур, состоящий из задач по двум предметам, связанным

с выбранным профилем, а также инженерный тур, задания которого погружают участников в тематику профиля; образовательный модуль формирует теоретические знания и представления.

- Второй отборочный этап — заочный командный. На этом этапе участники выполняют как индивидуальные задания на проверку компетенций, так и командные задачи, соответствующие выбранному профилю.
- Заключительный этап — очный командный. В течение 5–6 дней команды участников со всей страны, успешно прошедшие оба отборочных этапа, соревнуются в решении комплексных прикладных инженерных задач.

### ***Профили НТО 2024/25 учебного года и соответствующий уровень РСОШ***

#### **Профили II уровня РСОШ:**

- Автоматизация бизнес-процессов.
- Автономные транспортные системы.
- Беспилотные авиационные системы.
- Водные робототехнические системы.
- Инженерные биологические системы.
- Наносистемы и наноинженерия.
- Нейротехнологии и когнитивные науки.
- Технологии беспроводной связи.
- Цифровые технологии в архитектуре.
- Ядерные технологии.

#### **Профили III уровня РСОШ:**

- Анализ космических снимков и геопространственных данных.
- Аэрокосмические системы.
- Большие данные и машинное обучение.
- Геномное редактирование.
- Интеллектуальные робототехнические системы.
- Интеллектуальные энергетические системы.
- Информационная безопасность.
- Искусственный интеллект.
- Летающая робототехника.
- Спутниковые системы.
- Кластер «Виртуальные миры»:
  - ◇ Разработка компьютерных игр.
  - ◇ Технологии виртуальной реальности.
  - ◇ Технологии дополненной реальности.

#### **Профили без уровня РСОШ:**

- Инфохимия.
- Квантовый инжиниринг.
- Новые материалы.
- Программная инженерия в финансовых технологиях.



- Современная пищевая инженерия.
- Умный город.
- Урбанистика.
- Цифровые сенсорные системы.
- Разработка мобильных приложений.

Обратите внимание на то, что в олимпиаде 2025/26 учебного года список профилей, в т. ч. входящих в РСОШ, и уровни РСОШ могут поменяться.

Участие в НТО старшеклассников может принять любой школьник, обучающийся в 8–11 классе. Чаще всего Олимпиада привлекает:

- учащихся технологических кружков, интересующихся инженерными и робототехническими соревнованиями;
- школьников, увлеченных олимпиадами и предпочитающих межпредметный подход;
- энтузиастов передовых технологий;
- активных участников хакатонов, проектных конкурсов и профильных школ;
- будущих предпринимателей, ищущих команду для реализации стартап-идей;
- любознательных школьников, стремящихся выйти за рамки школьной программы.

Познакомить школьников с НТО и ее направлениями, а также мотивировать их на участие в Олимпиаде можно с помощью специальных мероприятий — Урока НТО и Дней НТО. Методические рекомендации для педагогов по проведению Урока НТО и организации Дня НТО в образовательной организации размещены на сайте: <https://nti-lesson.ru>. Здесь можно подобрать и скачать готовые сценарии занятий и подборки материалов по различным направлениям Олимпиады.

Участвуя в НТО, школьники получают возможность работать с практико-ориентированными задачами в области прорывных технологий, собирать команды единомышленников, погружаться в профессиональное сообщество, а также заработать льготы для поступления в вузы.

По всей стране работают площадки подготовки к НТО, которые помогают привлекать участников и проводят мероприятия по подготовке к этапам Олимпиады. Такие площадки могут быть открыты на базе:

- школ и учреждений дополнительного образования;
- частных кружков по программированию, робототехнике и другим технологическим направлениям;
- вузов;
- технопарков и других образовательных и научно-технических организаций.

Любое образовательное учреждение, ученики которого участвуют в НТО или НТО Junior, может стать площадкой подготовки к Олимпиаде и присоединиться к Кружковому движению НТИ. Подробные инструкции о том, как стать площадкой подготовки, размещены на сайте: <https://ntcontest.ru>. Условия регистрации и требования к ним актуализируются с развитием Олимпиады, а обновленная информация публикуется перед началом каждого нового цикла.

## Наставники НТО

В Национальной технологической олимпиаде большое внимание уделяется работе с **наставниками** — людьми, сопровождающими участников на всех этапах подготовки и участия в Олимпиаде. Наставник оказывает поддержку как в решении организационных вопросов, так и в развитии технических и социальных навыков школьников, включая умение работать в команде.

Наставником НТО может стать любой взрослый, готовый помогать школьникам развиваться и готовиться к участию в инженерных соревнованиях. Это может быть:

- учитель школы или преподаватель вуза;
- педагог дополнительного образования;
- руководитель кружка;
- родитель школьника;
- специалист из технологической области или представитель бизнеса.

Даже если наставник сам не обладает достаточными знаниями в определенной области, он может привлекать к подготовке коллег и экспертов, а также оказывать поддержку и организовывать процесс обучения для самостоятельных учеников. Сегодня сообщество наставников НТО насчитывает более **7 000 человек** по всей стране.

Главная цель наставника — **организовать системную подготовку к Олимпиаде в течение всего учебного года**, поддерживать интерес и мотивацию участников, а также помочь им справляться с возникающими трудностями. Также наставник фиксирует цели команды и каждого участника, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать развитие профессиональных и личных компетенций.

### *Основные направления работы наставника*

Организационные задачи:

- Информирование и мотивация: наставник рассказывает учащимся об НТО, ее этапах и преимуществах, помогает с выбором подходящего профиля, ориентируясь на интересы и способности школьников.
- Составление программы подготовки: формируется расписание и план занятий, организуется работа по освоению необходимых знаний и навыков.
- Контроль сроков: наставник следит за календарем Олимпиады и напоминает участникам о сроках решения заданий отборочных этапов.

Содержательная подготовка:

- Оценка компетенций участников: наставник помогает определить сильные и слабые стороны учеников и подбирает задания и материалы для устранения пробелов.
- Подготовка к отборочным этапам: помощь в изучении рекомендованных материалов, заданий прошлых лет, онлайн-курсы по профилям.
- Подготовка к заключительному этапу: разбираются задачи заключительных этапов прошлых лет, отслеживаются подготовительные мероприятия (очные и дистанционные), в которых наставник рекомендует ученикам участвовать.

Развитие личных и командных навыков:

- Формирование команд: наставник помогает сформировать сбалансированные команды для второго отборочного и финального этапов, распределить роли, при необходимости ищет участников из других регионов и организует онлайн-коммуникацию.
- Анализ прогресса и опыта: после каждого этапа проводится совместная рефлексия, обсуждаются успехи и трудности, выявляются зоны роста и направления для дальнейшего развития.
- Поддержка и мотивация: наставник поддерживает интерес и энтузиазм участников (особенно в случае неудачных результатов), помогает справиться с разочарованием и сохранить настрой на дальнейшее участие.
- Построение индивидуальной образовательной траектории: наставник помогает школьникам осознанно планировать дальнейшее обучение: выбирать курсы, участвовать в конкурсах, определяться с вузами и направлениями подготовки.

## Поддержка наставников НТО

Работе наставников посвящен отдельный раздел на сайте НТО: <https://ntcontest.ru/mentors/>.

Для систематизации знаний и подходов к работе наставников в рамках инженерных соревнований разработан курс «Дао начинающего наставника: как сопровождать инженерные команды»: <https://stepik.org/course/124633/>. Курс формирует общие представления об их работе в области подготовки участников к инженерным соревнованиям.

Для совершенствования профессиональных компетенций по направлениям профилей создан курс «Дао начинающего наставника: как развивать технологические компетенции»: <https://stepik.org/course/186928/>.

Для организации занятий с учениками педагогам предлагаются образовательные программы, разработанные на основе многолетнего опыта организации подготовки к НТО. В настоящий момент они представлены по передовым технологическим направлениям:

- компьютерное зрение;
- геномное редактирование;
- водная, летающая и интеллектуальная робототехника;
- машинное обучение и искусственный интеллект;
- нейротехнологии;
- беспроводная связь, дополненная реальность.

Программы доступны на сайте: <https://ntcontest.ru/mentors/education-programs/>.

Регистрируясь на платформе НТО, наставники получают доступ к личному кабинету, в котором отображается расписание отборочных соревнований и мероприятий по подготовке, требования к знаниям и компетенциям при решении задач отборочных этапов.

Сообщество наставников НТО существует и развивается. Ежегодно Кружко-

вое движение НТИ проводит Всероссийский конкурс технологических кружков: <https://konkurs.kruzhok.org/>. Принять участие в конкурсе может каждый наставник.

В 2022 году было выпущено пособие «Технологическая подготовка инженерных команд. Методические рекомендации для наставников». Методические рекомендации предназначены для учителей технологий, а также наставников и педагогов кружков и центров дополнительного образования. Рекомендации направлены на помощь в процессе преподавания технологий в школе или в кружке. Пособие построено на примерах из реального опыта работы со школьниками, состоит из теоретических положений, посвященных популярным взглядам в педагогике на тему подготовки инженерных команд к соревнованиям. Электронное издание доступно по ссылке: <https://journal.kruzhok.org/tpost/pggs3bp7y1-tehnologicheskaya-podgotovka-inzhenernih>.

В нем рассмотрены особенности подготовки к пяти направлениям:

- Большие данные.
- Машинное обучение.
- Искусственный интеллект.
- Спутниковые системы.
- Летающая робототехника.

Для наставников НТО разработана и постоянно пополняется страница с материалами для профессионального развития: <https://nto-forever.notion.site/c9b9cbd21542479b97a3fa562d15e32a>.

## 1.2. Нейротехнологии и когнитивные науки

Профиль Нейротехнологии и когнитивные науки направлен на формирование у школьников межпредметных навыков на стыке программирования, инженерии, психофизиологии человека, биологии, физики, проектирования человеко-машинных интерфейсов, технологии анализа данных, инженерно-технических навыков отладки и тестирования сложных систем. Они получают представление о методах поиска, регистрации, распознавания, обработки комплексных паттернов биосигналов человека.

Данная задача является одной из ключевых:

- в создании человеко-машинных интерфейсов: современных средств реабилитации, средств дистанционного мониторинга состояния человека, расширения возможностей человека и протезирования, носимой электроники;
- в разработках в области индустрии нейроразвлечений и киберспорта;
- в анализе данных на базе нейросетевых технологий и психофизиологического состояния человека и многого другого.

За счет развития межпредметных навыков инженерно-ориентированные школьники вовлекаются в профильные и приоритетные образовательные программы, нацеленные в том числе на рынки НТИ.

Разрабатываемые финалистами решения могут служить основой для полигона, где отрабатываются разные модели новых стилей жизни и общества будущего, связанных с развитием специальных навыков и функциональных ресурсов мозга, например, тренировками на развитие навыков управления собственным вниманием, новых способов коммуникаций на базе анализа биоэлектрической активности мозга, а также развитием когнитивных способностей человека на базе технологий БОС.

В 2024–2025 гг. профиль Нейротехнологии и когнитивные науки посвящен:

- разработке системы для исследования реакций человека на различные события в окружающем мире;
- детекции таких реакций по электрической активности головного мозга (сигналов электроэнцефалограммы).

Система должна осуществлять сбор физиологических данных в различных ситуациях, а также фиксировать состояние оператора, его основные реакции на стимул или ситуацию. На финале требуется создать модель, способную по электрофизиологическим сигналам определять состояние и характерные реакции оператора.

Знакомство с профилем начинается с «Урока НТО», который проводится в общеобразовательных учреждениях. Материалы для проведения урока находятся на сайте <https://nto-lesson.ru/> и доступны после регистрации на платформе «Талант». Урок знакомит с базовыми понятиями из области когнитивных и нейротехнологий, показывает взаимосвязь биологии и информатики и вовлекает как тех, кто интересуется естественными науками, так и тех, кто увлекается программированием.

Участники приобретают компетенции из различных областей знаний и объединяются в команды для совместного решения мультипредметной финальной задачи.

Помимо командной практической задачи на заключительном этапе, они решают индивидуальные задачи по биологии и информатике во время предметного тура.

В рамках инженерного тура участникам предлагаются разноформатные задачи для практического знакомства по направлениям:

- физиология человека;
- электроника и схемотехника;
- анализ данных;
- понимание и навыки программирования.

В частности, задачи направлены на знакомство с базовыми библиотеками программирования, понятия временных рядов, методов обработки и анализа данных. Они непосредственно связаны с финальной задачей с точки зрения необходимых базовых навыков.

Победители и призеры профиля Нейротехнологии и когнитивные науки поступают в ведущие вузы России на специальности, связанные с психологией, информатикой и медициной, принимают участие в различных научно-технологических проектных школах.

Участие школьников в данном профиле позволяет повысить популярность и осознанность выбора профессии в области как естественных наук, так и в области информатики. Собственный реальный опыт взаимодействия с аппаратными комплексами и нейротехнологическим оборудованием дает возможность уже в школьном возрасте понять свое отношение и выбрать целевой профильный вуз, а значит, определить эффективную образовательную траекторию.

## 2. Первый отборочный этап

### 2.1. Работа наставника НТО на этапе

Педагог-наставник играет важную роль в подготовке участника к первому отборочному этапу Национальной технологической олимпиады. На этом этапе школьникам предстоит справиться как с предметными задачами, соответствующими профилю, так и с заданиями инженерного тура, погружающими в выбранную технологическую область.

Наставник может организовать подготовку участника, используя разнообразные форматы и ресурсы:

- Разбор заданий прошлых лет. Совместный анализ задач отборочного этапа предыдущих лет позволяет понять структуру, уровень сложности и типичные подходы к решению. Это формирует у школьника устойчивые стратегии работы с олимпиадными заданиями.
- Мини-соревнования. Проведение тренировочных турниров с заданиями предметных олимпиад муниципального уровня помогает развить соревновательный навык, тренирует скорость и уверенность при решении задач в ограниченное время.
- Углубленные занятия. Наставник может выстроить образовательную траекторию, опираясь на рекомендации разработчиков профиля, и провести занятия по ключевым темам. Это особенно важно для системного понимания предметной области.
- Использование онлайн-курсов. Для самостоятельной подготовки и проверки знаний участник может использовать предметные курсы НТО, размещенные на платформах Степик и Яндекс Контест. Наставник может также организовать занятия с использованием этих материалов в рамках групповой или индивидуальной подготовки.
- Привлечение внешних экспертов. Если у наставника нет достаточной экспертизы в какой-либо предметной области, он может пригласить других педагогов или специалистов для проведения тематических занятий.
- Поддержка в инженерном туре. Инженерный тур включает теоретические материалы и задания, помогающие глубже погрузиться в тематику профиля. Наставник может сопровождать изучение курса, помогать в разборе теоретических вопросов и тренировать участника на практических задачах.

Таким образом, наставник не только помогает систематизировать подготовку, но и мотивирует участника, создавая для него комфортную и продуктивную образовательную среду.

## 2.2. Предметный тур. Информатика

### 2.2.1. Первая волна. Задачи 8–11 класса

Задачи первой волны предметного тура по информатике открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63452/enter/>.

#### ***Задача 2.2.1.1. Ускорение ускорения (10 баллов)***

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### ***Условие***

Рассмотрим модель движения тела. Будем фиксировать такие параметры, как координата, скорость, ускорение и ускорение ускорения (рывок). Если некоторый параметр равен  $a$  и имеет скорость изменения  $v$ , то в следующий момент времени этот параметр будет равен  $a + v$ .

Например, если тело имело координату, равную 10, скорость, равную 20, ускорение, равное 30 и ускорение ускорения, равное 40, то в следующий момент оно будет иметь координату 30, скорость 50 и ускорение 70. Ускорение ускорения будем считать в этой задаче постоянной величиной.

Задача довольно проста: тело в начальный момент времени 0 находится в точке с координатой 0, скоростью 0 и ускорением 0. На это тело действует постоянное ускорение ускорения, равное 6. Требуется определить, в точке с какой координатой окажется это тело в момент времени  $t$ .

#### ***Формат входных данных***

В единственной строке находится одно число  $t$ , где  $0 \leq t \leq 10^6$ .

#### ***Формат выходных данных***

Вывести одно число — координату, в которой окажется тело в момент времени  $t$ .



**Примеры***Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
6
<b>Стандартный вывод</b>
120

*Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
2
<b>Стандартный вывод</b>
0

*Пример №3*

<b>Стандартный ввод</b>
1000000
<b>Стандартный вывод</b>
9999970000002000000

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

**C++**

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int t;
6      cin >> t;
7      cout << ((t * (t - 1)) * (t - 2)) << endl;
8  }
```

**Задача 2.2.1.2. Двойное остекление (15 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

### Условие

У деда Василия есть два прямоугольных куска стекла. Один из них имеет размеры  $a \times b$ , другой —  $c \times d$ . Дед собирается из этих кусков сделать окно с двойным остеклением. Он хочет, чтобы окно было обязательно квадратным и как можно большим по размеру. Дед должен вырезать из имеющихся у него прямоугольников два одинаковых квадрата максимально возможного размера. Нужно написать программу, которая по заданным  $a, b, c, d$  найдет максимальные размеры квадратного окна. Имейте ввиду, что оба квадрата могут быть вырезаны и из одного прямоугольного куска стекла.

### Формат входных данных

На вход подаются две строки. В первой строке находятся размеры первого прямоугольника  $a, b$  через пробел, во второй — размеры второго прямоугольника  $c, d$  через пробел, где  $1 \leq a, b, c, d \leq 10^9$ .

### Формат выходных данных

Вывести одно число — максимальную сторону квадратного двойного окна, которое можно вырезать из заданных на входе прямоугольных кусков стекла. Ответ может быть нецелым, требуется вывести его с точностью 1 знак после десятичной точки.

### Примеры

#### Пример №1

Стандартный ввод
5 10 9 6
Стандартный вывод
5

#### Пример №2

Стандартный ввод
4 10 9 6
Стандартный вывод
4.5

### Комментарий

Второй пример показывает, что иногда лучше вырезать оба квадрата из одного и того же куска стекла.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      double a, b, c, d;
6      cin >> a >> b >> c >> d;
7      double a0 = min({a, b, c, d});
8      double a1 = min(max(a, b) / 2.0, min(a, b));
9      double a2 = min(max(c, d) / 2.0, min(c, d));
10     double ans = max({a0, a1, a2});
11     if( (int)ans == ans ){
12         int ians = ans;
13         cout << ians << endl;
14         return 0;
15     }
16     cout.precision(1);
17     cout << fixed<< ans << endl;
18 }
```

### Задача 2.2.1.3. О золотой рыбке и... досках (20 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

После событий известной сказки А. С. Пушкина старик решил принципиально не пользоваться услугами золотой рыбки. Поэтому для того чтобы изготовить новое корыто, он честно заготовил  $n$  одинаковых досок.

Но гостивший в это время у старика со старухой внук решил, что ему нужно научиться пилить. И, не сказав ничего своему деду, внук быстро распилил каждую из досок на две части. В итоге у старика оказались  $2n$  кусков досок. Самое интересное, что все эти куски оказались разными по длине, но имели целочисленные размеры. К сожалению, старик забыл, какова была исходная длина целых досок.

#### Формат входных данных

В первой строке задается целое число  $n$  — исходное количество целых досок, где  $1 \leq n \leq 10^5$ .

Во второй строке заданы  $2n$  целых чисел  $d_i$  — длины всех кусков, которые получились после «тренировки» внука, где  $1 \leq d_i \leq 10^9$ . Гарантируется, что эти числа попарно различны, и их можно разбить на пары одинаковых по сумме чисел.

Все эти части досок пронумерованы от 1 до  $2n$  в том порядке, в котором они заданы на входе.

### Формат выходных данных

В первую строку вывести одно число — исходную длину целых досок.

В следующих  $n$  строках вывести пары номеров кусков досок, которые составляют по длине целые доски. Номера выводить через один пробел, внутри пары сначала должен идти меньший номер, затем больший. Пары должны быть выведены в порядке возрастания первых номеров в парах.

### Примеры

#### Пример №1

Стандартный ввод
3 4 8 2 3 6 7
Стандартный вывод
10 1 5 2 3 4 6

### Комментарий

Отсортируем куски и далее будем брать один из начала и второй к нему из конца.

### Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int n;
6      cin >> n;
7      vector<pair<int, int> > v(2 * n);
8      for(int i = 0; i < 2 * n; i++){
9          int d;
10         cin >> d;
11         v[i] = {d, i + 1};
12     }
13     sort(v.begin(), v.end());
14     vector<pair<int, int> > ans(n);
15     for(int i = 0; i < n; i++){

```

```

16         ans[i] = {v[i].second, v[2 * n - i - 1].second};
17         if(ans[i].first > ans[i].second){
18             swap(ans[i].first, ans[i].second);
19         }
20     }
21     sort(ans.begin(), ans.end());
22     cout << v[0].first + v.back().first<< endl;
23     for(int i = 0; i < n; i++){
24         cout << ans[i].first<< ' ' << ans[i].second<< endl;
25     }
26 }

```

### **Задача 2.2.1.4. Бонусы и экономия (25 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

Технология производства некоторой металлической детали предполагает вытачивание ее из металлической заготовки. При этом образуются стружки, которые не стоит выкидывать. Ведь из  $a$  комплектов стружек (оставшихся после обработки  $a$  заготовок) можно бесплатно выплавить еще одну заготовку, которую снова можно использовать для выточки детали и создания еще одного комплекта стружек.

Заготовки можно купить на оптовом складе, при этом в целях привлечения клиентов, проводится акция «купи  $b$  заготовок, тогда еще одну получишь бесплатно».

Требуется изготовить  $c$  деталей. Нужно определить минимальное число заготовок, которые нужно купить за деньги, чтобы с учетом бонусных заготовок и экономии на стружках можно было изготовить требуемое число деталей.

#### **Формат входных данных**

В одной строке через пробел заданы три целых числа  $a$ ,  $b$ , и  $c$  такие, что  $2 \leq a \leq 10^{18}$ ,  $1 \leq b$ ,  $c \leq 10^{18}$ .

#### **Формат выходных данных**

Вывести одно целое число — минимальное количество заготовок, которые нужно купить, чтобы с учетом всех бонусов и экономии выточить  $c$  конечных деталей.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
4 5 41
<b>Стандартный вывод</b>
26

## Примечания

В примере из условия нужно закупить 26 заготовок. Тогда за каждые пять купленных заготовок будет предоставлена одна бесплатная, итого по акции добавится еще пять заготовок, то есть получится 31 заготовка. Далее из 31 заготовки выточится 31 деталь, останется 31 комплект стружек. Из каждых четырех комплектов выплавится дополнительная заготовка, получится семь заготовок и три комплекта стружек. Из семи заготовок выточится семь деталей и останется семь комплектов стружек, три комплекта стружек осталось с первого шага, итого 10 комплектов стружек. Из них выплавится еще две заготовки, дающие две детали и два комплекта стружек. Собрав эти два комплекта с двумя, оставшимися от 10, получим еще одну заготовку, из которой выточится еще одна деталь. Останется один комплект стружек, который уже никак не получится использовать. Итого будет произведена  $31 + 7 + 2 + 1 = 41$  деталь.

## Комментарий

Методом бинарного поиска можно подобрать минимальное необходимое количество исходных заготовок.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  int f1(int M, int a){
5      int res = 0, z = 0;
6      while(1){
7          if(M == 0 && z < a){
8              return res;
9          }
10         res += M;
11         M = M + z;
12         z = M % a;
13         M = M / a;
14     }
15 }
```

```

16  int f2(int M, int b){
17      return M + M / b;
18  }
19  signed main(){
20      int a, b, c;
21      cin >> a >> b >> c;
22      int L = 0, R = 1;
23      while(f1(R, a) <= c){
24          R *= 2;
25      }
26      while(R - L > 1){
27          int M = (R + L) / 2;
28          if(f1(M, a) < c){
29              L = M;
30          }
31          else{
32              R = M;
33          }
34      }
35      int z = R;
36      L = 0, R = 1;
37      while(f2(R, b) <= z){
38          R *= 2;
39      }
40      while(R - L > 1){
41          int M = (R + L) / 2;
42          if(f2(M, b) < z){
43              L = M;
44          }
45          else{
46              R = M;
47          }
48      }
49      cout << R << endl;
50  }

```

### Задача 2.2.1.5. Сон таксиста (30 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

Одному таксисту приснился красочный сон. Во сне он живет и работает в некотором городе, где абсолютно все улицы с односторонним движением. Эти улицы устроены так, что невозможно проехать с какого-либо перекрестка так, чтобы вернуться обратно на этот же перекресток, то есть в дорожной сети города нет циклов.

Таким образом, если с перекрестка  $A$  можно попасть по направлению движения улиц на перекресток  $B$ , то люди вызывают такси, иначе их везет специальный муниципальный подземный транспорт бесплатно.

В связи с такими странными правилами, таксистам в этом городе разрешено законом везти пассажира по любому маршруту, не нарушающему направления движения. Все в этом городе привыкли к такой ситуации и абсолютно спокойно относятся к тому, что таксисты везут их самым длинным путем. Разумеется, заработок таксиста за одну поездку прямо пропорционален ее длине. Для упрощения будем считать, что стоимость 1 км поездки составляет ровно 1 руб.

Схема дорог города задана. Перекрестки города пронумерованы числами от 1 до  $n$ . Таксист в своем сне находится на перекрестке номер  $S$ . Напишите программу, которая подскажет ему, сколько он максимально сможет заработать, когда ему придет заказ от клиента. Так как он не знает, куда попросит его везти клиент, нужно для каждого перекрестка от 1 до  $n$  указать максимальную стоимость поездки до этого перекрестка из пункта  $S$  на такси. Если по правилам на такси добраться из пункта  $S$  до какого-то перекрестка нельзя, вывести  $-1$ .

### **Формат входных данных**

Дорожная сеть задана следующим образом: в первой строке находятся два числа через пробел  $n$  и  $m$  — число перекрестков и число улиц в городе, где  $2 \leq n, m \leq 2 \cdot 10^5$ .

В следующих  $m$  строках задана очередная односторонняя улица в виде трех чисел  $A, B, d$  через пробел, где  $A$  — начало улицы,  $B$  — конец улицы и  $d$  — ее длина.  $1 \leq A, B \leq n$ ,  $1 \leq d \leq 10^9$ . Гарантируется, что в этой дорожной сети нет циклов. Некоторые пары перекрестков могут быть соединены двумя и более односторонними улицами. Дорожная сеть может быть неплоской за счет мостов и тоннелей.

В последней строке ввода содержится номер стартового перекрестка  $S$ ,  $1 \leq S \leq n$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести  $n$  чисел в одну строку через пробел.  $i$ -е число обозначает длину самого длинного пути с перекрестка номер  $S$  до перекрестка номер  $i$ . Если до перекрестка номер  $i$  от  $S$  нельзя доехать, не нарушая правила движения, вывести  $-1$ .

### **Примеры**

#### *Пример №1*

Стандартный ввод		
10	20	
9	10	15
9	8	3
8	10	7
7	8	4
7	10	10
5	8	2
5	9	10



**Стандартный ввод**

```

5 6 5
7 6 5
4 6 8
3 6 4
3 4 6
5 3 2
2 5 2
2 3 3
3 1 5
1 4 2
2 1 7
4 7 4
6 8 1
5

```

**Стандартный вывод**

```

7 -1 2 9 0 18 13 19 10 26

```

**Комментарий**

Задача решается методом динамического программирования на ориентированном ациклическом графе.

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

**C++**

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  int n, m;
5  vector<vector<pair<int, int> > > G;
6  vector<int> order, used;
7  void dfs(int a){
8      used[a] = 1;
9      for(auto to : G[a]){
10         if(!used[to.first]){
11             dfs(to.first);
12         }
13     }
14     order.push_back(a);
15 }
16 signed main(){
17     cin >> n >> m;
18     G.resize(n + 1);
19     used.resize(n + 1, 0);
20     for(int i = 0; i < m; i++){
21         int a, b, d;
22         cin >> a >> b >> d;
23         G[a].push_back({b, d});
24     }

```

```

25     int s;
26     cin >> s;
27     dfs(s);
28     reverse(order.begin(), order.end());
29     vector<int> dp(n + 1, -1);
30     dp[s] = 0;
31     for(auto el : order){
32         for(auto to : G[el]){
33             dp[to.first] = max(dp[to.first], dp[el] + to.second);
34         }
35     }
36     for(int i = 1; i <= n; i++){
37         cout << dp[i] << ' ';
38     }
39 }

```

## 2.2.2. Вторая волна. Задачи 8–11 класса

Задачи второй волны предметного тура по информатике открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/63454/enter/>.

### Задача 2.2.2.1. Игра на планшете (10 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

Маленький Андрей изучает геометрические фигуры при помощи игры на планшете. У него есть прямоугольные треугольники четырех цветов и ориентаций: желтые, зеленые, красные и синие. Для каждой разновидности треугольников есть заданное количество экземпляров этих треугольников. Более точно: у Андрея есть  $a$  желтых,  $b$  зеленых,  $c$  красных и  $d$  синих треугольников. Помимо этого у него есть прямоугольная таблица  $n \times m$ .

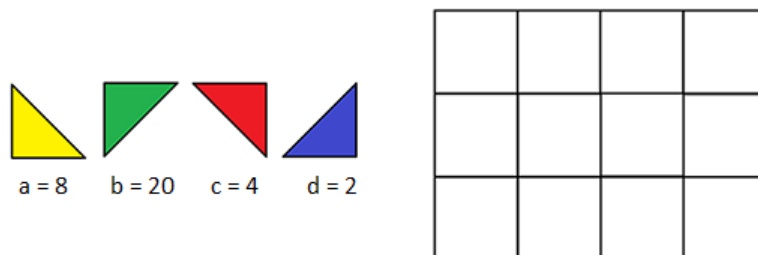


Рис. 2.2.1

Треугольники одного цвета имеют одну и ту же ориентацию, которую нельзя поменять. Андрей может только взять очередной треугольник и переместить его параллельным сдвигом в одну из ячеек этой прямоугольной таблицы. При этом в одну ячейку можно поместить либо вместе желтый и красный треугольники, либо вместе зеленый и синий, либо один любой треугольник из имеющихся.

Андрей хочет расположить в ячейках таблицы как можно больше треугольников из тех, что у него имеются. Нужно подсказать ему максимальное количество треугольников, которые получится разместить в таблице.

### **Формат входных данных**

В первой строке содержатся четыре целых числа  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  через пробел — количество желтых, зеленых, красных и синих треугольников соответственно.

Во второй строке содержатся два целых числа  $n$  и  $m$  через пробел — размеры прямоугольной таблицы.

Все числа в пределах от 1 до  $10^9$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести одно число — максимальное количество треугольников, которые можно при заданных условиях разместить в таблице.

### **Примеры**

#### *Пример №1*

Стандартный ввод
8 20 4 2
3 4
Стандартный вывод
18

### **Примечания**

На рис. [2.2.2](#) представлен один из примеров размещения 18 треугольников из 34 заданных на входе.

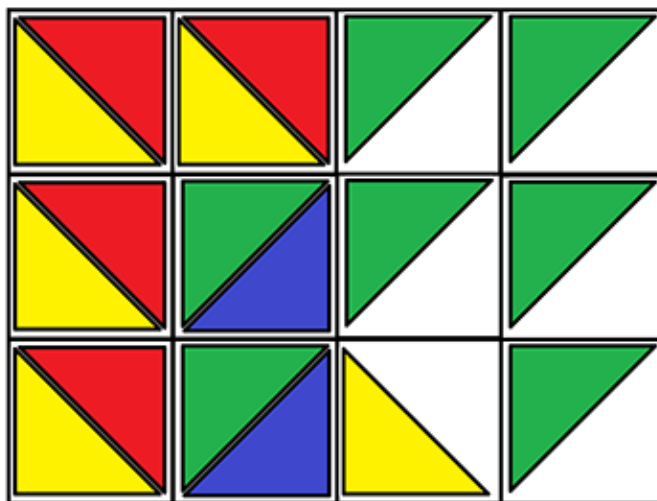


Рис. 2.2.2

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

**C++**

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int a, b, c, d, n, m;
6      cin >> a >> b >> c >> d >> n >> m;
7      if(a > c){
8          swap(a, c);
9      }
10     if(b > d){
11         swap(b, d);
12     }
13     int f = a + b;
14     int k = n * m;
15     if(k <= f){
16         cout << k * 2;
17         return 0;
18     }
19     k -= f;
20     c -= a;
21     d -= b;
22     cout << f * 2 + min(k, c + d) << endl;
23 }
```

**Задача 2.2.2.2. Старая задача на новый лад (15 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

### **Условие**

Одна старая задача имеет следующий вид:

«Разбить число 45 на сумму четырех слагаемых так, что если к первому прибавить 2, из второго вычесть 2, третье умножить на 2, а четвертое разделить на 2, то получится одно и то же число».

Ответ к этой задаче — четыре числа 8, 12, 5 и 20. Можно убедиться, что в сумме они дают число 45, а если с каждым из них проделать соответствующую арифметическую операцию, то получится одно и то же число 10.

Необходимо решить чуть более общую задачу: даны числа  $n$  и  $k$ . Нужно представить число  $n$  в виде суммы четырех целых неотрицательных слагаемых  $a + b + c + d$  таких, что  $a + k = b - k = c \cdot k = d / k$ . Гарантируется, что для заданных  $n$  и  $k$  такое разбиение существует.

### **Формат входных данных**

В одной строке через пробел два числа  $n$  и  $k$ , где  $1 \leq n \cdot k \leq 10^{18}$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести через пробел в одну строку четыре целых неотрицательных числа  $a, b, c, d$  таких, что  $a + b + c + d = n$  и  $a + k = b - k = c \cdot k = d / k$ .

### **Примеры**

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
45 2
<b>Стандартный вывод</b>
8 12 5 20

#### *Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
128 7
<b>Стандартный вывод</b>
7 21 2 98

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```
1 #include<bits/stdc++.h>
2 #define int long long
3 using namespace std;
4 signed main(){
5     int n, k;
6     cin >> n >> k;
7     int x = (k * n) / (k * k + 2 * k + 1);
8     cout << x - k << ' ' << x + k << ' ' << x / k << ' ' << x * k << endl;
9 }
```

### Задача 2.2.2.3. Ладья и обязательная клетка (20 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

Шахматная ладья находится в левом верхнем углу прямоугольного поля, разбитого на клетки размером  $n \times m$ .  $n$  обозначает число строк,  $m$  — число столбцов. Она хочет попасть в правую нижнюю клетку этого поля кратчайшим путем. Ладья может передвигаться либо вправо, либо вниз на любое количество клеток. Ладья обязана посетить заданную клетку с координатами  $(x, y)$ , где  $x$  — номер строки этой клетки, а  $y$  — номер ее столбца.

Требуется найти количество способов построить путь ладьи из левого верхнего угла в правый нижний, которые проходят через обязательную клетку с заданными координатами.

#### Формат входных данных

В первой строке находятся два числа через пробел:  $n$  — число строк и  $m$  — число столбцов прямоугольного поля,  $2 \leq n, m \leq 25$ . Во второй строке через пробел находятся координаты  $(x, y)$  обязательной для посещения клетки, где  $1 \leq x \leq n$ ,  $1 \leq y \leq m$ . Координаты  $x$  и  $y$  не совпадают с координатами левой верхней и правой нижней клеток.

#### Формат выходных данных

Вывести одно число — количество кратчайших путей ладьи из верхней левой в правую нижнюю клетку, проходящих через заданную клетку.

## Примеры

Стандартный ввод
3 4 2 3
Стандартный вывод
6

## Примечания

На рис. 2.2.3 представлены шесть путей, которыми ладья может пройти по полю размером  $3 \times 4$ , обязательно посещая по пути клетку (2,3).

## Комментарий

Задачу можно решить как комбинаторными методами (произведение биномиальных коэффициентов), так и динамическим программированием.

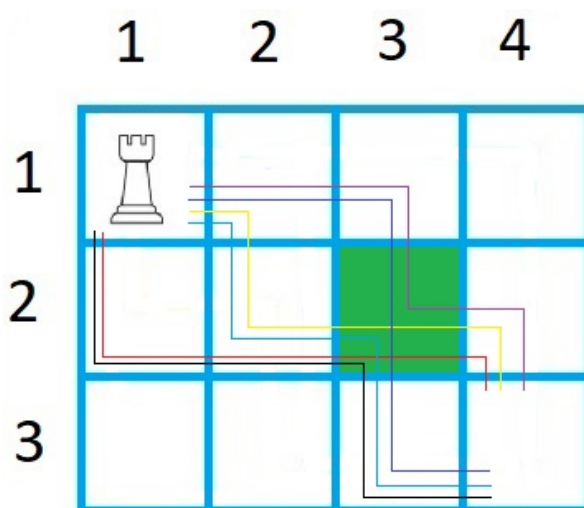


Рис. 2.2.3

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      vector<vector<int> > bc(51, vector<int>(51, 0));
6      bc[0][0] = 1;
7      for(int i = 1; i <= 50; i++){
8          for(int j = 0; j < 51; j++){

```

```

9         bc[i][j] += bc[i - 1][j];
10        if(j - 1 >= 0){
11            bc[i][j] += bc[i - 1][j - 1];
12        }
13    }
14 }
15 int n, m, x, y;
16 cin >> n >> m >> x >> y;
17 int d1 = bc[x - 1 + y - 1][x - 1];
18 int d2 = bc[n - x + m - y][n - x];
19 int ans = d1 * d2;
20 cout << ans << endl;
21 }

```

### **Задача 2.2.2.4. Танец с цифрами (25 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

Десять танцоров репетируют на сцене новый танец. Каждый танцор одет в футболку, на которой написана одна из цифр от 1 до 9, цифры могут повторяться. Изначально они стоят в некотором порядке слева направо, и их цифры образуют некоторое десятизначное число  $A$ . Далее во время всего танца участники либо разбиваются на пять пар рядом стоящих танцоров и одновременно меняются местами внутри своих пар, либо самый левый танцор перемещается на самую правую позицию и становится самым правым танцором.

Сын постановщика танца от скуки на бумаге выписывает все получающиеся при каждом перемещении десятизначные числа. Так как танец длинный, то в итоге на бумаге окажутся все возможные числа, которые в принципе могут появиться при этих условиях. Нужно найти разницу между самым большим и самым маленьким из этих чисел.

#### **Формат входных данных**

На вход подается одно десятизначное число  $A$ , обозначающее начальное расположение танцоров. В числе могут встречаться цифры от 1 до 9, некоторые из них могут повторяться.

#### **Формат выходных данных**

Вывести одно число, равное разности самого большого и самого маленького из чисел, которые могут быть получены во время танца.



## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
1456531355
<b>Стандартный вывод</b>
5182160085

## Примечания

Самое маленькое число, которое можно получить в примере, равно 1353155456, самое большое равно 6535315541.

Покажем, как получить эти числа из исходного числа 1456531355. Сначала получим самое большое следующим образом: две левых цифры, 1 и 4, переместим вправо, получим 5653135514, потом поменяем в парах цифры местами и получим самое большое — 6535315541. Далее опять поменяем порядок в парах и в числе 5653135514 переместим три левых цифры 5, 6 и 5 вправо, получим 3135514565 и здесь снова поменяем порядок в парах, получим самое маленькое — 1353155456. Таким образом, искомая разница равна 5182160085.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      string s;
6      cin >> s;
7      string mx = s, mn = s;
8
9      for(int i = 0; i < 5; i++){
10         for(int j = 0; j < 10; j++){
11             mx = max(mx, s);
12             mn = min(s, mn);
13             if(j < 9){
14                 s = s.substr(1) + s[0];
15             }
16         }
17         for(int j = 0; j < 5; j++){
18             swap(s[2 * j], s[2 * j + 1]);
19         }
20     }
21     stringstream ssmn;
22     ssmn << mn;
23     int imn;
24     ssmn >> imn;
25     stringstream ssmx;
```

```

26     ssmx << mx;
27     int imx;
28     ssmx >> imx;
29     cout << imx - imn << endl;
30 }

```

### **Задача 2.2.2.5. Трудная сортировка (30 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 3 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

Иннокентий работает в отделе сортировки перестановок, подотделе сортировки вставками. Его задача заключается в сортировке перестановок, предоставленных заказчиками. Перестановкой длины  $n$  называется такая последовательность чисел, в которой встречаются все числа от 1 до  $n$  без повторений в некотором порядке.

Перестановка считается отсортированной, если в ней все числа расположены по возрастанию, то есть она имеет вид  $1, \dots, n$ .

Иннокентий начинает рабочий день с пустой последовательности чисел. За день он сортирует вставками перестановку длины  $n$ . В начале каждой операции вставки он получает очередное число  $a_i$  из перестановки заказчика, после чего обрабатывает его, вставляя в отсортированную последовательность из ранее полученных чисел. После каждого такого добавления последовательность уже обработанных чисел должна быть отсортирована по возрастанию.

Перед тем как вставить число  $a_i$  в последовательность, он может выбрать, с какого края последовательности начать вставку. Далее он устанавливает число  $a_i$  с этого края и последовательно меняет вставляемое число с рядом стоящим числом  $b_j$  до тех пор, пока число  $a_i$  не встанет на свое место. На каждую перестановку вставляемого числа  $a_i$  с числом  $b_j$  Иннокентий тратит  $b_j$  единиц энергии.

Дана перестановка длины  $n$  из чисел  $a_i$  в том порядке, в котором Иннокентий их будет обрабатывать. Подскажите ему, какое минимальное количество энергии ему потребуется потратить, чтобы отсортировать всю перестановку.

#### **Формат входных данных**

В первой строке находится одно целое число  $n$  — длина перестановки, где  $1 \leq n \leq 2 \cdot 10^5$ .

Во второй строке содержится  $n$  целых чисел  $a_i$  через пробел в том порядке, в котором они поступают на обработку Иннокентию. Гарантируется, что эти числа образуют перестановку длины  $n$ , то есть каждое число от 1 до  $n$  содержится в заданном наборе ровно один раз.

## Формат выходных данных

Вывести одно число — минимальные суммарные энергозатраты Иннокентия для сортировки вставками заданной на входе перестановки.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
9
2 9 1 5 6 4 3 8 7
<b>Стандартный вывод</b>
43

## Примечания

Первым устанавливается число 2. Оно ни с чем не меняется местами, поэтому затрат нет.

Далее устанавливается число 9. Выбираем правый край и ставим его туда без потерь энергии.

Затем устанавливаем число 1. Выбираем левый край, ставим его туда и снова потерь нет.

Теперь нужно вставить число 5. Если его вставлять с правого края, придется менять местами с 9, а если с левого, то с 1 и 2, что суммарно явно лучше. Итого затраты на вставку 5 равны 3.

Число 6 снова лучше вставить слева, затраты на его вставку равны 8.

Число 4 вставим слева за 3.

Число 3 так же слева за 3.

А вот число 8 лучше вставить справа за 9.

И осталось число 7. Если вставлять слева, то затратим 21, а если справа, то всего 17.

Итого на сортировку заданной перестановки потратили:  $0 + 0 + 0 + 3 + 8 + 3 + 3 + 9 + 17 = 43$ .

## Комментарий

Построим дерево отрезков на сумму, при обработке числа  $a$  будем находить, какая сумма на данный момент меньше: от 1 до  $a - 1$  или от  $a + 1$  до  $n$ . Прибавим ее к ответу и поместим в позицию  $a$  это число  $a$ .

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  const int LG = 19;
5  int N = (1 << LG);
6  vector<int> tr(2 * N, 0);
7  void upd(int pos, int x){
8      pos += N;
9      tr[pos] = x;
10     pos /= 2;
11     while(pos){
12         tr[pos] = {tr[2 * pos]+ tr[2 * pos + 1]};
13         pos /= 2;
14     }
15 }
16 int get(int l, int r){
17     l += N;
18     r += N;
19     int res = 0;
20     while(l <= r){
21         if(l % 2 == 1){
22             res += tr[l];
23         }
24         if(r % 2 == 0){
25             res += tr[r];
26         }
27         l = (l + 1) / 2;
28         r = (r - 1) / 2;
29     }
30     return res;
31 }
32 signed main(){
33     int n, a;
34     cin >> n;
35     int ans = 0;
36     for(int i = 0; i < n; i++){
37         cin >> a;
38         int sl = get(0, a - 1);
39         int sr = get(a + 1, N - 1);
40         ans += min(sl, sr);
41         upd(a, a);
42     }
43     cout << ans << endl;
44 }
```

### 2.2.3. Третья волна. Задачи 8–11 класса

Задачи третьей волны предметного тура по информатике открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63456/enter/>.

### Задача 2.2.3.1. Туннель (10 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

Рассмотрим классическую задачу прохождения группы с одним фонариком по туннелю. Есть четыре человека, и у них есть один фонарик. Нужно перевести всю группу на другой конец туннеля. По туннелю можно проходить только с фонариком и только либо вдвоем, либо в одиночку. По этой причине придется сделать пять рейсов по туннелю: три рейса туда и два рейса обратно. Туда идут двое, обратно — один, возвращая фонарик еще не прошедшей части группы. У каждого из четырех человек своя скорость передвижения по туннелю, но некоторые скорости могут совпадать. Двое идут со скоростью самого медленного в этой паре. Нужно найти минимальное время, за которое можно перевести группу по туннелю.

Здесь, в зависимости от скоростей персонажей, есть две стратегии. Проиллюстрируем их на примерах.

Пусть есть люди  $A, B, C, D$ . У  $A$  — время прохождения туннеля 1 мин, у  $B$  — 4 мин, у  $C$  — 5 мин, у  $D$  — 10 мин. Здесь работает наиболее очевидная стратегия: самый быстрый переводит текущего и возвращается с фонариком обратно за следующим. При этой стратегии нужно проходить так:

- $A, B$  туда, затрачено 4 мин;
- $A$  обратно, затрачена 1 мин;
- $A, C$  туда, затрачено 5 мин;
- $A$  обратно, затрачена 1 мин;
- $A, D$  туда, затрачено 10 мин.

Общее время  $4 + 1 + 5 + 1 + 10 = 21$  мин.

Но не всегда эта стратегия оптимальна. Уменьшим время прохождения туннеля персонажем  $B$  до 2 мин. По вышеопределенной стратегии будет 19 мин ( $2 + 1 + 5 + 1 + 10 = 19$ ), но имеется более быстрое решение:

- $A, B$  туда, затрачено 2 мин;
- $A$  обратно, затрачена 1 мин;
- $C, D$  туда, затрачено 10 мин;
- $B$  обратно, затрачено 2 мин;
- $A, B$  туда, затрачено 2 мин.

Общее время  $2 + 1 + 10 + 2 + 2 = 17$  мин.

Заметим, что для предыдущего примера такая стратегия не работает:  $4 + 1 + 10 + 4 + 4 = 23$  мин.

Если же персонаж  $B$  проходит туннель за 3 мин (а все остальные так же, как и в примерах), то независимо от стратегии будет затрачено 20 мин. В этом случае

считаем, что работает первая стратегия.

Поразмыслив, станет понятно, от какого условия зависит выбор стратегии. Далее будем всегда считать, что  $A$  движется не медленнее  $B$ ,  $B$  движется не медленнее  $C$ ,  $C$  движется не медленнее  $D$ .

Дано время прохождения туннеля персонажами  $A$ ,  $C$ ,  $D$ . Нужно найти границу **border** для  $B$  такую, что если определить для  $B$  время прохождения строго меньшее, чем **border**, то выгодна вторая стратегия, иначе — первая.

### Формат входных данных

В одной строке задано три целых чисел через пробел — время прохождения туннеля персонажами  $A$ ,  $C$ ,  $D$ . Времена даны по неубыванию. Все числа на входе в пределах от 1 до 100.

### Формат выходных данных

Вывести одно число — границу **border** для  $B$  такую, что если определить время прохождения им туннеля строго меньше, чем **border**, нужно использовать вторую стратегию, иначе — первую. Ответ может быть нецелым, поэтому вывести его нужно с одним знаком после десятичной точки.

### Примеры

#### Пример №1

Стандартный ввод
1 5 10
Стандартный вывод
3

### Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int A, C, D;
6      cin >> A >> C >> D;
7      cout.precision(1);
8      cout << fixed << (A + C) / 2.0 << endl;
9  }
```

### Задача 2.2.3.2. Математический пазл (15 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

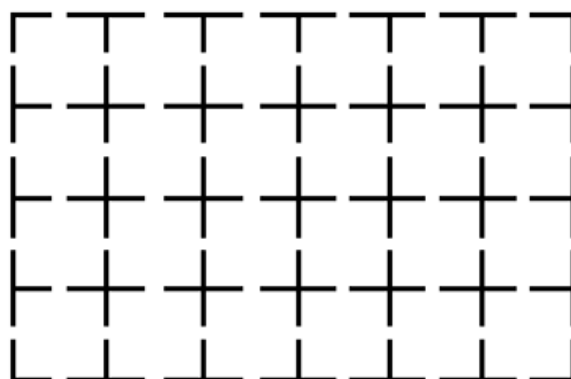


Рис. 2.2.4

Компания по производству пазлов решила освоить принципиально новый тип головоломки. Для этого берется прямоугольная решетка размера  $n \times m$ , каждый ее столбец и строка разрезаются посередине пополам. После этого образуются фигуры трех типов: четыре уголка,  $2 \cdot (n + m - 2)$  т-образных фигур и  $(n - 1) \cdot (m - 1)$  крестиков.

Тому, кто решает головоломку, требуется сложить из этих фигур исходную прямоугольную решетку. При этом необходимо использовать абсолютно все имеющиеся в наличии фигуры.

#### Формат входных данных

В первой строке заданы через пробел два числа  $a$  — количество т-образных фигур и  $b$  — количество крестиков, которые находятся в одном из пазлов. При этом в наборе всегда есть еще четыре уголка. Известно, что этот комплект позволяет собрать прямоугольную решетку размера  $n \times m$ , где  $1 \leq n, m \leq 10^9$ .

#### Формат выходных данных

Требуется по числам  $a$  и  $b$  найти размеры исходной решетки  $n$  и  $m$ . Будем всегда считать, что  $n \leq m$ , то есть нужно вывести в одну строку через пробел два числа, первое из которых не превосходит второго, и вместе они задают размеры загаданной решетки.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
16 15
<b>Стандартный вывод</b>
4 6

### Пример №2

<b>Стандартный ввод</b>
0 0
<b>Стандартный вывод</b>
1 1

## Комментарий

Задачу можно решить либо бинарным поиском, либо при помощи квадратного уравнения.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++ при помощи бинарного поиска.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int a, b;
6      cin >> a >> b;
7      int L = 0, R = a / 4 + 1;
8      while(R - L > 1){
9          int M = (R + L) / 2;
10         int D = a / 2 - M;
11         if(M * D <= b){
12             L = M;
13         }
14         else{
15             R = M;
16         }
17     }
18     cout << L + 1 << ' ' << a / 2 - L + 1 << endl;
19 }
```



### **Задача 2.2.3.3. Восемь пирогов и одна свечка (20 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

Мечта Карлсона наконец-то сбылась! Мама Малыша испекла восемь пирогов прямоугольной формы и в один из них воткнула свечку. После того как Карлсон съел семь пирогов, он решил-таки поделиться кусочком оставшегося восьмого пирога с Малышом. Но, будучи в хорошем настроении, он вынул из пирога свечу и предложил ему решить задачу.

«Так как я самый щедрый Карлсон в мире, то делить оставшийся пирог будешь ты. Но учти, ты должен разрезать пирог одним прямым разрезом так, чтобы линия прошла через один из углов и точку, где стояла свечка. После этого я выберу себе один из двух кусочков, а оставшийся, так и быть, достанется тебе».

Малыш не против этого замысла, однако считает, что разрезать пирог нужно как можно более справедливо, то есть так, чтобы разница между меньшим и большим кусками была как можно меньше. Подскажите Малышу, какой минимальной разницы между площадями кусков он сможет добиться.

#### **Формат входных данных**

В первой строке находятся два числа  $n$  и  $m$  через пробел — размеры прямоугольного пирога. Пирог размещен на координатной плоскости так, что его левый нижний угол находится в точке  $(0, 0)$ , а правый верхний — в точке  $(n, m)$ , где  $2 \leq n, m \leq 1000$ .

Во второй строке находятся два числа  $x$  и  $y$  через пробел — координаты свечки, где  $1 \leq x \leq n - 1, 1 \leq y \leq m - 1$ , то есть свечка находится строго внутри пирога.

#### **Формат выходных данных**

Вывести одно вещественное число с точностью не менее трех знаков после десятичной точки — минимальную разницу между площадями двух получающихся после разрезания кусков, которую сможет получить Малыш.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
8 5 7 2
<b>Стандартный вывод</b>
12.571

### Пример №2

<b>Стандартный ввод</b>
2 2 1 1
<b>Стандартный вывод</b>
0.000

## Примечания

На рис. 2.2.5 представлены четыре варианта разделения пирога для первого примера из условия. Можно видеть, что самый близкий к справедливому способ разделения связан с разрезом из левого верхнего угла. Площадь треугольника в этом случае будет равна  $96/7$ , площадь четырехугольника равна  $184/7$ , и разница равна  $88/7$ , что при округлении до трех знаков равно 12,571.

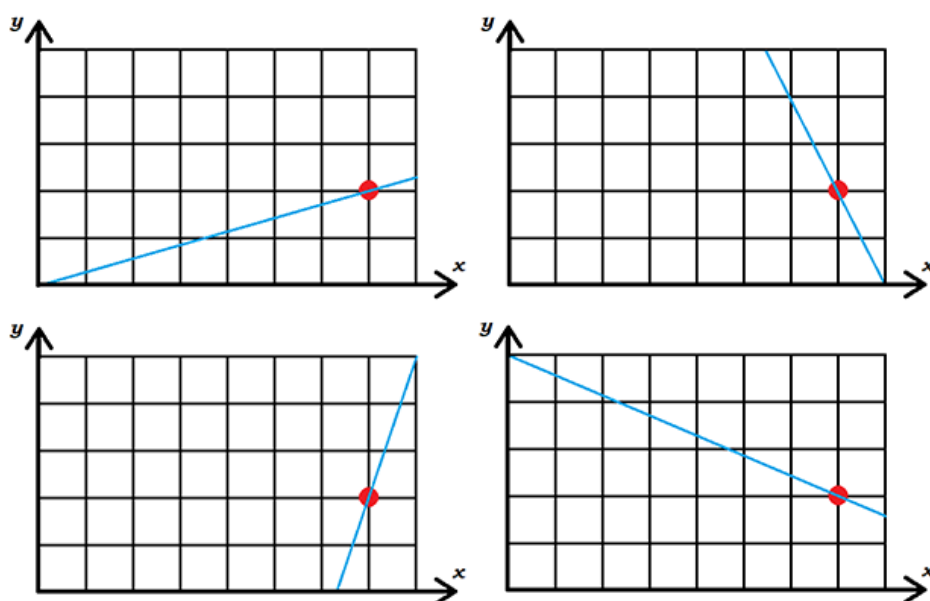


Рис. 2.2.5

## Комментарий

Геометрия: для каждого из четырех случаев аккуратно находим катеты прямоугольного треугольника при помощи пропорции, затем находим площадь этого треугольника и, вычитая из всего прямоугольника эту площадь, находим площадь второго куска. Далее выбираем наиболее оптимальное отношение площадей.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  const int INF = 1e18;
5  double katy(double x, double y, double n){
6      return n * y / x;
7  }
8  double n, m, x, y;
9  double ans = INF;
10 double k1, k2;
11 void upd(){
12     if(k1 < m){
13         double st = k1 * n / 2;
14         ans = min(ans, n * m - 2 * st);
15     }
16     else{
17         double st = k2 * m / 2;
18         ans = min(ans, n * m - 2 * st);
19     }
20 }
21 signed main(){
22     cin >> n >> m >> x >> y;
23     k1 = katy(x, y, n);
24     k2 = katy(y, x, m);
25     upd();
26     k1 = katy(n - x, y, n);
27     k2 = katy(y, n - x, m);
28     upd();
29     k1 = katy(x, m - y, n);
30     k2 = katy(m - y, x, m);
31     upd();
32     k1 = katy(n - x, m - y, n);
33     k2 = katy(m - y, n - x, m);
34     upd();
35     cout.precision(3);
36     cout << fixed << ans<< endl;
37 }
```

## Задача 2.2.3.4. Плетенка (25 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод или input.txt.

Имя выходного файла: стандартный вывод или output.txt.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

### **Условие**

У Маши есть  $n$  полосок бумаги.  $i$ -я полоска имеет ширину 1 и длину  $a_i$ . Маша разделит эти полоски на две части и покрасит некоторые в желтый, а оставшиеся — в зеленый цвет. Она сама выберет, какие полоски как покрасить. Далее она хочет из этих полосок сплести максимально большую плетенку. Она расположит полоски одного цвета в некотором порядке горизонтально, а полоски другого цвета в некотором порядке вертикально. После этого она переплетет горизонтальные и вертикальные полоски так, что они будут чередоваться то сверху, то снизу, образуя в местах пересечения шахматную раскраску. Наконец, она обрежет выступающие края полосок так, что останется прямоугольная плетенка с ровными краями. Каждая клетка полученной плетенки должна иметь два слоя.

Маша хочет сплести максимально большую по площади прямоугольную плетенку. Подскажите ей, плетенку какой площади она сможет сделать. Заметим, что она может при создании плетенки использовать не все имеющиеся у нее полоски.

### **Формат входных данных**

В первой строке на вход подается число  $n$  — количество полосок бумаги у Маши, где  $2 \leq n \leq 2 \cdot 10^5$ . Во второй строке через пробел заданы  $n$  целых чисел  $a_i$  через пробел — длины полосок, где  $1 \leq a_i \leq 10^9$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести одно число — площадь прямоугольника, форму которого может иметь самая большая плетенка Маши.

### **Примеры**

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
8 3 6 5 4 4 5 5 2
<b>Стандартный вывод</b>
12

### **Примечания**

На рис. 2.2.6 представлен один из вариантов получения самой большой плетенки для полосок из примера. Синим обозначена граница полученной максимальной плетенки. Ее размер  $3 \times 4$ , и ее площадь 12. При ее создании Маша не должна использовать полоску номер 8, по этой причине неважно, как она раскрашена.

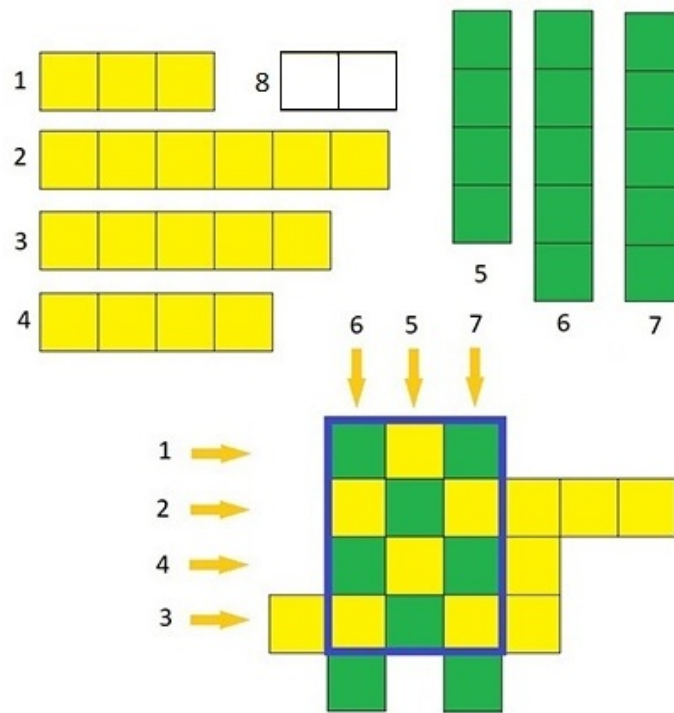


Рис. 2.2.6

### Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int n;
6      cin >> n;
7      deque<int> v(n);
8      for(int i = 0; i < n; i++){
9          cin >> v[i];
10     }
11     sort(v.begin(), v.end());
12     int ans = 0;
13     int cnth = 0, minh;
14     while(1){
15         if(v.size() == 0){
16             break;
17         }
18         cnth++;
19         minh = v.back();
20         v.pop_back();
21         while(v.size() > 0 && v[0] < cnth){
22             v.pop_front();
23         }
24         ans = max(ans, cnth * min(minh, (int)v.size()));
25     }
26     cout << ans << endl;
27 }
```

### **Задача 2.2.3.5. Английский в игровой форме (30 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 3 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

Маша и Витя запоминают слова английского языка в оригинальной игровой форме. За день им нужно выучить  $n$  слов, где  $20 \leq n \leq 100$ , каждое из которых имеет длину от 5 до 8 символов. Маша выбирает из этого набора наугад несколько попарно различных слов (также от 5 до 8) и собирает их в одну строку без пробелов. Далее она переставляет буквы в этой строке так, что слова оказываются полностью перепутанными, и дает эту строку Вите. Теперь Витя должен восстановить все слова, которые выбрала Маша.

Но у Вити плохо получается, а Маша уже забыла, какие слова она выбрала. Нужно им помочь — написать программу, которая восстановит слова, выбранные Машей.

#### **Формат входных данных**

В первой строке находится строка, которую Маша предложила Вите. Во второй строке содержится число  $n$  — количество слов, которые нужно выучить детям,  $20 \leq n \leq 100$ .

В следующих  $n$  строках содержатся эти слова по одному в строке. Все слова в этом наборе различны. Слова отсортированы в лексикографическом (алфавитном) порядке. Все слова состоят из маленьких букв от а до z. Обратите внимание, что в тестах к этой задаче все заданные слова реально существуют в английском языке и случайным образом выбраны из словаря.

Гарантируется, что длина каждого слова из предложенного набора (словаря) в пределах от 5 до 8, строка, которую получила Маша, может быть получена путем перестановки букв некоторых различных слов из предложенного словаря, причем, набор выбранных Машей слов определяется по ней однозначно. Количество слов, из которых составлена Машина строка, находится в пределах от 5 до 8.

#### **Формат выходных данных**

Вывести все слова, выбранные Машей, в алфавитном порядке по одному в строке.

**Примеры****Пример №1**

<b>Стандартный ввод</b>
stirbaexsudueoeidgomttcrnrwlunapntetacwri 24 bridge cranky document drawing farmer fighter figurine gravy havoc minimum reactant reply republic sonata soprano split subset tailor texture tomorrow trout vicinity wrist writer
<b>Стандартный вывод</b>
document drawing republic sonata texture wrist

**Комментарий**

В случае, выделенном в условии (слова являются случайными, взятыми из английского словаря), задача решается рекурсией с перебором вариантов.

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

## C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  string frs;
5  int n;
6  vector<string> dict;
7  vector<int> msk(26, 0);
8  int cnt = 0;
9  vector<vector<int>> amsk;
10 vector<string> ans;
11 bool bigok = 0;
12 void p(int pos){
13     if(!bigok){
14         if(cnt == 0){
15             sort(ans.begin(), ans.end());
16             bigok = 1;
17             return;
18         }
19         for(int i = pos; i < n; i++){
20             string ts = dict[i];
21             bool ok = 1;
22             for(int j = 0; j < 26; j++){
23                 if(amsk[i][j] > msk[j]){
24                     ok = 0;
25                 }
26             }
27             if(ok){
28                 ans.push_back(ts);
29                 for(int j = 0; j < 26; j++){
30                     msk[j] -= amsk[i][j];
31                     cnt -= amsk[i][j];
32                 }
33                 p(i + 1);
34                 if(!bigok){
35                     for(int j = 0; j < 26; j++){
36                         msk[j] += amsk[i][j];
37                         cnt += amsk[i][j];
38                     }
39                 }
40                 ans.pop_back();
41             }
42         }
43     }
44 }
45 signed main(){
46     cin >> frs;
47     cin >> n;
48     amsk.resize(n, vector<int>(26, 0));
49
50     string ts;
51     for(int i = 0; i < n; i++){
52         cin >> ts;
53         dict.push_back(ts);
54     }
55     for(int i = 0; i < n; i++){
56         for(auto el : dict[i]){
57             amsk[i][el - 'a']++;
58         }
59     }

```



```

60     for(auto el : frs){
61         msk[el - 'a']++;
62         cnt++;
63     }
64     p(0);
65     for(auto el : ans){
66         cout << el << endl;
67     }
68 }

```

## 2.2.4. Четвертая волна. Задачи 8–11 класса

Задачи четвертой волны предметного тура по информатике открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/63457/enter/>.

### Задача 2.2.4.1. Квадратный флаг (10 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

Одному портному заказали сделать одноцветный флаг. Особенность этого флага в том, что он должен быть квадратным. У портного есть два прямоугольных куска ткани заданного цвета. Один из них имеет размеры  $a \times b$ , другой —  $c \times d$ . Так как клиент будет платить пропорционально площади изготовленного флага, портной хочет сначала сшить имеющиеся у него прямоугольные куски, соединив их двумя какими-то сторонами, а затем из полученного полотна вырезать и сделать флаг с максимально большой стороной. Определить сторону получившегося у него флага.

#### Формат входных данных

На вход подаются две строки. В первой строке находятся размеры первого прямоугольника — целые числа  $a, b$  через пробел, во второй — размеры второго прямоугольника, также целые числа  $c, d$  через пробел, где  $1 \leq a, b, c, d \leq 10^9$ .

#### Формат выходных данных

Вывести одно число — сторону самого большого квадрата, который можно получить по условию задачи.

**Примеры***Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
2 4
3 6
<b>Стандартный вывод</b>
4

*Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
2 2
3 6
<b>Стандартный вывод</b>
3

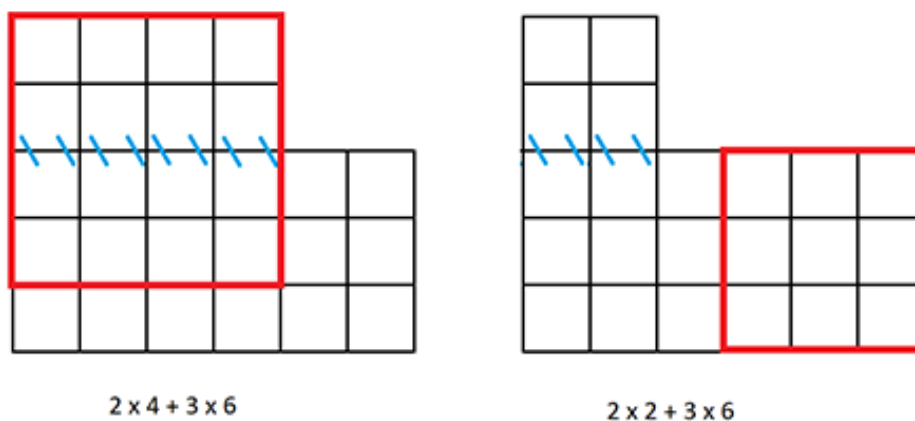
**Примечания**

Рис. 2.2.7

На рис. 2.2.7 представлены иллюстрации для тестов из условия. Синими штрихами обозначено место сшивки двух кусков. Красный квадрат выделяет один из вариантов вырезания максимального квадрата.

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int a, b, c, d;
6      cin >> a >> b >> c >> d;
7      int ans = max(min(a, b), min(c, d));
8      int p1 = min(a + c, min(b, d));
9      int p2 = min(a + d, min(b, c));
10     int p3 = min(b + c, min(a, d));
11     int p4 = min(b + d, min(a, c));
12     ans = max({ans, p1, p2, p3, p4});
13     cout << ans << endl;
14 }

```

### Задача 2.2.4.2. Потерянная ДНК (15 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

В данной задаче будем упрощенно считать, что ДНК представляется строкой длины от 10 до 100, состоящей из букв А, С, G, Т.

Пусть даны две ДНК  $D_1$  и  $D_2$  одной и той же длины  $n$ . Выберем некоторое произвольное число  $i$  от 1 до  $n - 1$  и поменяем местами префиксы (начала) этих ДНК длины  $i$ . Будем говорить, что полученные новые две строки образованы путем скрещивания двух исходных по префиксу длины  $i$ .

Например, пусть  $D_1 = \mathbf{AACGGTAGGT}$ , а  $D_2 = \mathbf{TCCCGGAACA}$ . Выберем  $i = 4$  и поменяем местами префиксы длины 4. Получим две новые ДНК, одна из которых будет иметь вид  $\mathbf{AACGGGAACA}$ , а вторая —  $\mathbf{TCCCGTAGGT}$ . Для наглядности были выделены части первой из них.

Полученные новые ДНК снова могут быть скрещены по любому префиксу длины от 1 до  $n - 1$ .

Теперь можно рассмотреть популяцию из нескольких ДНК. Выберем из них две, произведем их скрещивание по префиксу какой-либо длины и поместим две новые ДНК в исходную популяцию. В данной задаче будем считать, что количество ДНК не увеличивается, то есть старые две ДНК заменяются на новые две ДНК.

Дана исходная популяция из  $m$  ДНК, каждая имеет одну и ту же длину  $n$ . После некоторого количества попарных скрещиваний была получена новая популяция. Но при итоговой обработке данных сведения об одной ДНК из новой популяции были потеряны. Задача состоит в отыскании этой потерянной ДНК по оставшимся  $m - 1$  ДНК из новой популяции.

### Формат входных данных

В первой строке через пробел даны два числа  $n$  — длина ДНК и  $m$  — количество ДНК в исходной популяции, где  $10 \leq n \leq 100$ ,  $2 \leq m \leq 100$ .

В следующих  $m$  строках содержится описание исходной популяции ДНК, каждая задается строкой длины  $n$ , состоящей из символов А, С, G и Т.

Далее следует разделяющая строка, содержащая  $n$  символов «—».

Далее следует еще  $m - 1$  строк, описывающих новую (заключительную) популяцию без одной ДНК.

Гарантируется, что данные верны, то есть  $m - 1$  последняя ДНК является некоторой новой популяцией ровно без одной ДНК, полученной из исходной популяции, заданной в  $m$  первых строках.

### Формат выходных данных

Вывести недостающую утерянную ДНК.

### Примеры

#### Пример №1

Стандартный ввод
10 2
AACGGTAGGT
TCCCGGAACA
-----
TCCCGTAGGT
Стандартный вывод
AACGGGAACA

#### Пример №2

Стандартный ввод
10 4
AACCGGTAA
ACGTACGTAC
AAACCCGGGT
CATTACTGGA
-----
AAGCGCTTAA
CCACACGTGC
AAC TAGGGGT
Стандартный вывод
AATTCCTGAA

## Комментарий

Для каждой позиции нужно найти недостающую букву из первого набора ДНК. Для этого удобнее всего использовать функцию `xor`.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  signed main(){
5      int n, m;
6      cin >> n >> m;
7      vector<string> v1(m);
8      for(int i = 0; i < m; i++){
9          cin >> v1[i];
10     }
11     string d;
12     cin >> d;
13     vector<string> v2(m - 1);
14     for(int i = 0; i < m - 1; i++){
15         cin >> v2[i];
16     }
17     for(int j = 0; j < n; j++){
18         int ss = 0;
19         for(int i = 0; i < m; i++){
20             ss ^= (int)(v1[i][j]);
21         }
22         for(int i = 0; i < m - 1; i++){
23             ss ^= (int)(v2[i][j]);
24         }
25         cout << (char)(ss);
26     }
27     cout << endl;
28 }
```

## Задача 2.2.4.3. Утомленные туристы (20 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

## Условие

Рассмотрим следующий вариант известной задачи на перемещение по туннелю группы из четырех человек. В общем виде она выглядит так: четыре туриста хотят пройти по темному туннелю. Имеется один фонарик. По туннелю можно перемещаться либо вдвоем, либо по одному, при этом у тех, кто движется в туннеле,

должен быть фонарик в руках. По этой причине движение должно быть следующим: двое переходят туда, один возвращается обратно и приносит фонарик тем, кто еще не перешел. После этого указанный маневр повторяется снова.

У каждого участника своя скорость движения в туннеле. Пусть участники проходят туннель за  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  мин. Если идут двое, то они движутся со скоростью того, кто идет медленнее. Требуется по заданным временам прохождения туннеля каждого из участников перевести их максимально быстро через туннель.

Немного усложним данную задачу. Введем фактор усталости. А именно, любой участник, пройдя по туннелю, устает и в следующий раз идет уже медленнее. После каждого прохождения туннеля время прохождения любого участника увеличивается на  $E$  мин. Например, если участник до начала движения проходит туннель за 1 мин, а показатель усталости  $E$  равен 3 мин, то первый раз участник пройдет туннель за 1 мин, второй раз — за 4 мин, третий раз — за 7 мин и т. д.

По заданным  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  узнать, за какое минимальное время можно провести всю группу через туннель согласно указанным правилам.

### **Формат входных данных**

На вход подаются пять чисел. В первой строке через пробел четыре числа  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  — время прохождения туннеля каждым из четырех участников до того, как они начали движение. Во второй строке содержится число  $E$  — величина, на которую увеличивается время прохождения туннеля каждым участником после каждого перемещения. При этом  $1 \leq A, B, C, D \leq 1\,000$ ,  $0 \leq E \leq 1\,000$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести одно число — минимальное время прохождения туннеля всей группой.

### **Примеры**

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
8 9 10 1
3
<b>Стандартный вывод</b>
44

#### *Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
8 9 10 1
0
<b>Стандартный вывод</b>
29

## Примечания

В первом примере при прохождении туннеля каждый турист устает и движется медленнее на 3 мин. Покажем, как перевести группу при этом за 44 мин.

Каждую ситуацию будем обозначать следующим образом: слева от двоеточия находятся туристы, которые стоят в начале туннеля, а справа — те, что стоят в конце туннеля. Туриста будем обозначать при помощи числа, соответствующего его текущему времени прохождения туннеля.

Тогда исходная ситуация имеет вид 1, 8, 9, 10 :.

Сначала идут туристы 1 и 8, каждый после перехода устает на 3 мин, получим ситуацию 9, 10 : 4, 11, затрачено 8 мин.

Обратно возвращается турист 4, он устает еще на 3 мин. Ситуация становится 7, 9, 10 : 11, затрачено  $8 + 4 = 12$  мин.

Теперь идут туристы 7 и 9, получится ситуация 10 : 10, 11, 12, затрачено  $8 + 4 + 9 = 21$  мин.

Возвращается турист 10, получится 10, 13 : 11, 12, затрачено  $8 + 4 + 9 + 10 = 31$  мин.

Наконец, оставшиеся двое туристов 10 и 13 за 13 мин переходят туннель, итого затрачено  $8 + 4 + 9 + 10 + 13 = 44$  мин.

## Комментарий

Задача решается рекурсивным перебором всех вариантов прохождения.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  const int INF = 1e18;
5  vector<int> v(4);
6  int e, ans = INF;
7  void p(vector<int> &vl, vector<int> &vr, int tv){
8      if(vl.size() == 2){
9          ans = min(ans, tv + *max_element(vl.begin(), vl.end()));
10         return;
11     }
12     for(int i = 0; i < vl.size() - 1; i++){
13         for(int j = i + 1; j < vl.size(); j++){
14             vector<int> vl1;
15             for(int k = 0; k < vl.size(); k++){
16                 if(k != i && k != j){
17                     vl1.push_back(vl[k]);
18                 }
19             }
20             vector<int> vr1 = vr;
```

```

21         vrl.push_back(vl[i] + e);
22         vrl.push_back(vl[j] + e);
23         int tmp = max(vl[i], vl[j]);
24         sort(vrl.rbegin(), vrl.rend());
25         vl1.push_back(vrl.back() + e);
26         vrl.pop_back();
27         p(vl1, vrl, tv + tmp + vl1.back() - e);
28     }
29 }
30 }
31 signed main(){
32     for(int i = 0; i < 4; i++){
33         cin >> v[i];
34     }
35     sort(v.begin(), v.end());
36     cin >> e;
37     vector<int> vl = v, vr;
38     p(vl, vr, 0);
39     cout << ans;
40 }

```

#### **Задача 2.2.4.4. Проектируем мост (25 баллов)**

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### **Условие**

При постройке моста используются два типа пролетов: П-образные (они прочные, но дорогие) и Т-образные (они дешевле, но менее надежные). Мост должен начинаться и заканчиваться П-образными пролетами. Любой Т-образный пролет должен иметь хотя бы один П-образный пролет в качестве соседнего.

Длина проектируемого моста —  $n$  пролетов. Муниципалитет выделил средства на постройку  $a$  П-образных и  $b$  Т-образных пролетов. При этом  $a + b = n$ . Требуется выяснить, сколькими способами при этих условиях можно скомпоновать мост. Два способа компоновки моста отличаются, если в одной на некоторой позиции стоит П-образный пролет, а в другой на этой же позиции стоит Т-образный пролет.

#### **Формат входных данных**

В одной строке через пробел заданы два числа:  $a$  — число П-образных пролетов и  $b$  — число Т-образных пролетов, на постройку которых выделены средства, где  $2 \leq a \leq 10^6$ ,  $0 \leq b \leq 10^6$ .



## Формат выходных данных

Вывести одно число — количество вариантов компоновки моста. Так как ответ может быть очень большим, требуется вывести остаток от его деления на  $1\,000\,000\,007$  ( $10^9 + 7$ ).

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
4 3
Стандартный вывод
7

## Примечания

Для примера из условия имеется 7 вариантов компоновки моста (пробелы добавлены для лучшего восприятия вариантов):

```

П Т Т П Т П П
П Т Т П П Т П
П Т П Т Т П П
П Т П П Т Т П
П П Т П Т Т П
П П Т Т П Т П
П Т П Т П Т П

```

## Комментарий

При заданных ограничениях задача решается только при помощи комбинаторики с вычислениями по модулю.

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  const int INF = 1e18;
5  const int MOD = 1e9 + 7;
6  vector<int> f(2e6 + 1, 1);

```

```

7  int binpow (int a, int n) {
8      int res = 1;
9      while (n > 0) {
10         if (n % 2 == 1)
11             (res *= a) %= MOD;
12         (a *= a) %= MOD;
13         n /= 2;
14     }
15     return res;
16 }
17
18 int bc(int n, int k){
19     int res = f[n];
20     int p1 = binpow(f[k], MOD - 2);
21     int p2 = binpow(f[n - k], MOD - 2);
22     (res *= p1) %= MOD;
23     (res *= p2) %= MOD;
24     return res;
25 }
26 signed main(){
27     for(int i = 1; i <= 2e6; i++){
28         f[i] = (f[i - 1] * i) % MOD;
29     }
30     int a, b;
31     int ans = 0;
32     cin >> a >> b;
33     a--;
34     for(int i = 0; i < a + 1; i++){
35         if(2 * i <= b){
36             int d = bc(a, i);
37             if(b - 2 * i <= a - i){
38                 (d *= bc(a - i, b - 2 * i) ) %= MOD;
39                 (ans += d) %= MOD;
40             }
41         }
42     }
43     cout << ans << endl;
44 }

```

### Задача 2.2.4.5. Джентльмены на прогулке (30 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 8 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### Условие

По прямому участку улицы, которую будем считать отрезком  $AB$  длины  $d$ , прогуливаются  $n$  джентльменов.  $i$ -й джентльмен движется со скоростью  $v_i$ . Скорости всех джентльменов попарно различны. Дойдя до любого конца улицы, каждый джентльмен поворачивает и идет в обратную сторону.

При каждой встрече два джентльмена приветствуют друг друга, приподнимая

головной убор. Приветствие происходит и в том случае, когда один джентльмен обгоняет другого. Если два джентльмена встречаются в момент их одновременного поворота, то происходит два приветствия: одно до поворота, другое — после поворота. Если происходит одновременная встреча трех и более джентльменов, то они приветствуют друг друга попарно, то есть каждый каждого. Допустим, если одновременно встретились четыре джентльмена где-то посреди улицы, произойдет шесть попарных приветствий. Если же эти четыре джентльмена встретились в момент их одновременного поворота, произойдет уже двенадцать приветствий.

В этой задаче считаем, что все действия происходят без остановок, то есть и повороты и приветствия происходят мгновенно. Джентльмены одновременно начинают свою прогулку из точки  $A$  в момент  $0$ . В этот момент они уже производят свои первые попарные приветствия, то есть в момент  $0$  уже произведено  $n \cdot (n - 1) / 2$  приветствий. Момент старта не считается моментом поворота, то есть на старте число приветствий не удваивается. Джентльмены гуляют достаточно долго, чтобы произошло любое заданное количество приветствий.

Требуется найти момент, в который было произведено  $k$ -е по порядку приветствие.

### **Формат входных данных**

В первой строке ввода через пробел содержится два целых числа:  $d$  — длина отрезка  $AB$  и  $n$  — количество прогуливающих джентльменов, где  $1 \leq d \leq 200$ ,  $2 \leq n \leq 2000$ .

Во второй строке находятся  $n$  целых чисел  $v_i$  через пробел — скорости каждого джентльмена, где  $1 \leq v_i \leq 2000$ . Гарантируется, что все скорости попарно различны. Скорости даны в порядке возрастания, то есть  $v_1 < v_2 < \dots < v_n$ .

В третьей строке содержится одно целое число  $k$  — номер требуемого приветствия, для которого нужно найти момент, когда оно произойдет, где  $1 \leq k \leq 10^9$ .

### **Формат выходных данных**

Вывести одно вещественное число — время, когда произойдет  $k$ -е по порядку приветствие. Ответ вывести с точностью не менее двух знаков после десятичной точки.

### **Примеры**

#### *Пример №1*

Стандартный ввод
5 4
2 5 8 10
6
Стандартный вывод
0.000

*Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
5 4 2 5 8 10 7
<b>Стандартный вывод</b>
0.556

*Пример №3*

<b>Стандартный ввод</b>
5 4 2 5 8 10 11
<b>Стандартный вывод</b>
1.000

*Пример №4*

<b>Стандартный ввод</b>
5 4 2 5 8 10 15
<b>Стандартный вывод</b>
1.429

*Пример №5*

<b>Стандартный ввод</b>
5 4 2 5 8 10 17
<b>Стандартный вывод</b>
1.667

*Пример №6*

<b>Стандартный ввод</b>
5 4 2 5 8 10 19
<b>Стандартный вывод</b>
1.667

## Пример №7

Стандартный ввод
5 4 2 5 8 10 21
Стандартный вывод
2.000

## Примечания

На рис. 2.2.8 приведено положение джентльменов из примеров в моменты времени 0, 1 и 2. Джентльмены обозначены своими скоростями. Стрелками обозначены направления их движения в соответствующий момент. Перечислим и пронумеруем в порядке возрастания моменты попарных приветствий этих джентльменов до момента времени 2 включительно. Если два и более приветствия происходят одновременно, неважно какое из них конкретно имеет номер  $k$ , главное, что они происходят в один и тот же определенный момент времени.

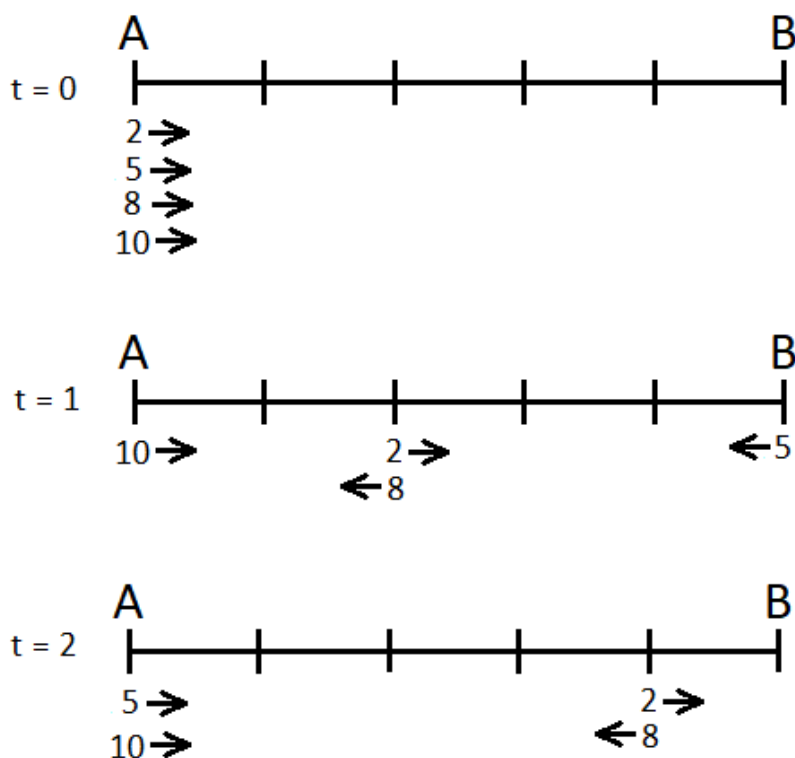


Рис. 2.2.8

1. 2 и 5 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).
2. 2 и 8 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).
3. 2 и 10 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).
4. 5 и 8 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).
5. 5 и 10 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).

6. 8 и 10 приветствуют друг друга в момент 0 (изображено на рис. 2.2.8).
7. 8 и 10 приветствуют друг друга в момент 0.556.
8. 5 и 10 приветствуют друг друга в момент 0.667.
9. 5 и 8 приветствуют друг друга в момент 0.769.
10. 2 и 10 приветствуют друг друга в момент 0.833.
11. 2 и 8 приветствуют друг друга в момент 1.000 (изображено на рис. 2.2.8).
12. 8 и 10 приветствуют друг друга в момент 1.111.
13. 2 и 10 приветствуют друг друга в момент 1.250.
14. 5 и 10 приветствуют друг друга в момент 1.333.
15. 2 и 5 приветствуют друг друга в момент 1.429.
16. 5 и 8 приветствуют друг друга в момент 1.538.
17. 2 и 8 приветствуют друг друга в момент 1.667.
18. 2 и 10 приветствуют друг друга в момент 1.667.
19. 8 и 10 приветствуют друг друга в момент 1.667 (в момент 1.667 встретятся одновременно три джентльмена 2, 8 и 10).
20. 2 и 8 приветствуют друг друга в момент 2.000 (изображено на рис. 2.2.8).
21. 5 и 10 приветствуют друг друга в момент 2.000 (до поворота).
22. 5 и 10 приветствуют друг друга в момент 2.000 (после поворота, изображено на рис. 2.2.8).

### Комментарий

Задача решается при помощи бинарного поиска с квадратичным нахождением ответа в каждой его итерации.

### Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define int long long
3  using namespace std;
4  const double EPS = 1e-7;
5  double x(double M, int V, int d){
6      double dst = V * M;
7      int cnt = floor((dst + EPS) / d);
8      double pin = dst - cnt * d;
9      if(cnt % 2 == 0){
10         return pin;
11     }
12     else{
13         return d - pin;
14     }
15 }
16 int F(double M, vector<int> &v, int d){
17     int res = 0;
18     for(int i = 0; i < v.size(); i++){
19         double dst = v[i] * M;
```

```

20     int cnt = floor((dst + EPS) / d);
21     res += cnt * i;
22     double tx = x(M, v[i], d);
23     for(int j = 0; j < i; j++){
24         double txj = x(M, v[j], d);
25         if(cnt % 2 == 0){
26             res += txj <= tx + EPS;
27         }
28         else{
29             res += txj >= tx - EPS;
30         }
31     }
32 }
33 return res;
34 }
35 signed main(){
36     int d, n;
37     cin >> d >> n;
38     vector<int> v(n);
39     for(int i = 0; i < n; i++){
40         cin >> v[i];
41     }
42     int k;
43     cin >> k;
44     double L = 0, R = 1;
45     while(F(R, v, d) <= k){
46         R *= 2;
47     }
48     R /= 2;
49     while(R - L > 1e-4){
50         double M = (R + L) / 2.0;
51         if(F(M, v, d) < k){
52             L = M;
53         }
54         else{
55             R = M;
56         }
57     }
58     cout.precision(10);
59     cout << fixed << L << endl;
60 }

```

## 2.3. Предметный тур. Биология

### 2.3.1. Первая волна. Задачи 8–9 класса

Задачи первой волны предметного тура по биологии за 8–9 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63554/enter/>.

#### ***Задача 2.3.1.1. Адаптационные свойства растений (10 баллов)***

*Тема: биология растений.*

##### ***Условие***

Считается, что первые высшие растения на планете появились около 450 млн лет назад.

Растения существуют на планете повсеместно, а число разнообразных видов, описанных учеными на сегодняшний день, насчитывает более 8,5 млн уникальных наименований.

В течение долгого времени в процессе роста и развития одни виды растений изменялись, адаптируясь к условиям окружающей среды, тогда как другие не успевали приспособиться к изменяющейся окружающей среде и исчезали бесследно.

Выберите признаки, характерные для растений класса Хвощевидные:

1. процесс фотосинтеза происходит во всех частях растения, включая стебель;
2. в прошлом растения были представлены травянистыми и древесными формами;
3. процесс фотосинтеза не характерен для данных растений;
4. в современном мире присутствуют только древесные формы растений;
5. процесс фотосинтеза происходит исключительно в листьях растения.

##### ***Решение***

Растения класса Хвощевидные имеют характерные особенности. Так, в прошлом данные растения были представлены в том числе и древесными формами. Процесс фотосинтеза происходит в том числе и в мясистом зеленом стебле данных растений.

**Ответ:** 1, 2.

#### ***Задача 2.3.1.2. Строение глаза (15 баллов)***

*Тема: анатомия.*



**Условие**

Школьник Иван увлекается моделированием. На биологии он увидел модель строения глаза и разработал анатомический конструктор, напечатав на 3D-принтере детали и собрав полноценную модель. Но для представления проекта на конкурсе необходимо дополнить изделие описанием и презентационными материалами.

Помогите Ивану разобраться с функциями каждого элемента строения глаза, сопоставив предложенные термины и их описания.

В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. Склера.    | А. Состоит из пигментированных клеток и мышц, которые изменяют размер центрального отверстия для контроля светового потока. |
| 2. Зрачок.    | В. Внутренняя оболочка глаза, где световые сигналы преобразуются в электрические импульсы для передачи в мозг.              |
| 3. Хрусталик. | С. Отвечает за точную фокусировку световых лучей на светочувствительной поверхности.  |
| 4. Радужка.   | Д. Представляет собой плотную защитную оболочку глаза, обеспечивающую его механическую поддержку.                           |
| 5. Сетчатка.  | Е. Регулирует поток света, проходящего внутрь глаза, изменяя свой диаметр в зависимости от интенсивности освещения.         |

**Ответ:** 1 — D, 2 — E, 3 — C, 4 — A, 5 — B.

**Задача 2.3.1.3. Типы питания (20 баллов)**

Тема: микробиология.

**Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

**А. Гетеротрофное / Б. Автотрофное / В. Литотрофное** питание является типом питания, при котором организмы получают необходимые вещества и энергию из органических соединений, **А. синтезируемых / Б. разлагаемых / В. биоразлагаемых** другими организмами. **А. Гетеротрофы / Б. автотрофы / В. литотрофы**, к которым относятся животные, грибы и многие бактерии, **А. способны / Б. не способны** самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических, в отличие от **А. гетеротрофов / Б. автотрофов / В. литотрофов**, таких как растения и некоторые бактерии. **А. Гетеротрофное / Б. Автотрофное / В. Литотрофное** питание включает различные процессы, такие как фагоцитоз, осмотрофию. Например, животные поглощают пищу через пищеварительный тракт, где

происходит ее **А. ферментативное расщепление / Б. накопление / В. ферментативный синтез** до молекул, пригодных для усвоения. Грибы и сапротрофные **А. бактерии / Б. вирусы / В. простейшие** выделяют экзоферменты для внешнего **А. расщепления / Б. синтеза / В. перераспределения** органики, а затем абсорбируют образовавшиеся простые вещества. **А. Гетеротрофы / Б. автотрофы / В. литотрофы** играют важную роль в экосистемах, обеспечивая круговорот органического вещества и энергии.

### **Решение**

**Гетеротрофное / автотрофное / литотрофное** питание является типом питания, при котором организмы получают необходимые вещества и энергию из органических соединений, **синтезируемых / разлагаемых / биоразлагаемых** другими организмами. **Гетеротрофы / автотрофы / литотрофы**, к которым относятся животные, грибы и многие бактерии, способны / **не способны** самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических, в отличие от гетеротрофов / **автотрофов / литотрофов**, таких как растения и некоторые бактерии. **Гетеротрофное / автотрофное / литотрофное** питание включает различные процессы, такие как фагоцитоз, осмотрофию. Например, животные поглощают пищу через пищеварительный тракт, где происходит ее **ферментативное расщепление / накопление / ферментативный синтез** до молекул, пригодных для усвоения. Грибы и сапротрофные **бактерии / вирусы / простейшие** выделяют экзоферменты для внешнего **расщепления / синтеза / перераспределения** органики, а затем абсорбируют образовавшиеся простые вещества. **Гетеротрофы / автотрофы / литотрофы** играют важную роль в экосистемах, обеспечивая круговорот органического вещества и энергии.

**Ответ:** АААББААААА.

### **Задача 2.3.1.4. Формула цветка (10 баллов)**

*Тема: биология растений.*

#### **Условие**

В лаборатории «Агробιοтехнологии» вывели новый сорт декоративного растения.

Известно, что это цветок растения семейства Гвоздичные, который имеет следующие характеристики:

- чашелистиков пять, они свободные;
- лепестков пять, они свободные;
- тычинок десять, они свободные;
- гинецей один, состоящий из пяти сросшихся плодолистиков.

Составьте формулу цветка для данного растения.

#### **Справочный материал**

Формула цветка — это упрощенное обозначение строения цветка, которое позволяет быстро определить основные элементы его строения.

Основные компоненты формулы цветка: чашечка (C) — обозначается буквой C и количеством чашелистиков, венчик (C0) — обозначается буквой C и цифрой ноль C0 и количеством лепестков, тычинки (A) — обозначаются буквой A и количеством тычинок, гинецей (G) — обозначается буквой G и количеством плодolistиков. Свободные элементы обозначаются простыми числами. Сросшиеся элементы обозначаются числами в скобках.

### **Решение**

Пользуясь текстом задачи и справочным материалов, составим формулу цветка.

**Ответ:** C5C05A10G(5).

## **Задача 2.3.1.5. Нейродегенеративные заболевания (10 баллов)**

*Тема: физиология человека и животных.*

### **Условие**

Группа ученых из Калифорнийского университета в Беркли обследовала 26 пожилых людей и установила, что хронический дефицит сна связан с ухудшением превращения кратковременных воспоминаний в долговременную память и сопровождается накоплением в мозгу бета-амилоидов, белков, обнаруживаемых в мозгу пациентов с деменцией альцгеймеровского типа. Болезнь Альцгеймера в частности и нейродегенеративные заболевания в целом представляют собой группу расстройств, характеризующихся прогрессирующей дегенерацией или гибелью нервных клеток. Эти заболевания имеют значительное влияние на качество жизни пациентов и представляют собой серьезную медицинскую проблему. Современные исследования направлены на понимание причин, механизмов и возможных методов лечения этих заболеваний.

Какие из следующих утверждений о нейродегенеративных заболеваниях верны? Выберите верные ответы.

1. Болезнь Альцгеймера является примером нейродегенеративного заболевания.
2. Нейродегенеративные заболевания всегда связаны с генетическими мутациями.
3. Болезнь Паркинсона характеризуется утратой дофамин-продуцирующих нейронов.
4. Боковой амиотрофический склероз (БАС) влияет на двигательные нейроны и может привести к параличу.
5. Нейродегенеративные заболевания могут быть вызваны прионами.
6. Рассеянный склероз — это нейродегенеративное заболевание, которое поражает миелиновую оболочку нервных волокон.
7. Нейродегенеративные заболевания не могут быть диагностированы с помощью нейровизуализации.

**Ответ:** 1, 3, 4, 5, 6.

### **Задача 2.3.1.6. Глубоководные адаптации (9 баллов)**

Тема: зоология позвоночных.

#### **Условие**

Морские животные могут погружаться на достаточно большую глубину для ловли добычи, рекордсмены среди млекопитающих — зубатые киты кляворылы — смогли опуститься на глубину 2 992 м, а южные морские слоны достигли отметки в 2 388 м ниже уровня моря. Недавно самка кожистой черепахи установила рекорд в 1 344 м, предыдущий рекорд в 1 280 м держался почти 20 лет! Какие адаптации помогли достигнуть черепахе таких результатов?

1. Могут задерживать дыхание на 90 мин.
2. Гибкие панцири сжимаются и расширяются при изменении давления, что обеспечивает защиту во время погружений и подъема на поверхность.
3. Способны дышать через кожу, что помогает им получать кислород на большой глубине.
4. В холодной воде способны поддерживать более высокую по сравнению с окружающей средой температуру тела.
5. Обладают особыми железами, выделяющими свет для привлечения добычи в темноте.
6. Могут впадать в анабиоз на глубине, что позволяет им переживать экстремальные условия.

**Ответ:** 1, 2, 4.

### **Задача 2.3.1.7. Прионы (9 баллов)**

Тема: физиология человека и животных.

#### **Условие**

Прионы — это белки с аномальной третичной структурой, которые могут вызывать нейродегенеративные заболевания у животных и человека, такие как губчатая энцефалопатия крупного рогатого скота (коровье бешенство) и болезнь Крейтцфельдта – Якоба у людей. Прионы также обладают способностью изменять нормальные белки, присутствующие в организме, в патогенные формы.

Какие особенности прионов можно выделить? Выберите верные ответы.

1. Длительный инкубационный период, в течение которого симптомы не проявляются, но прионы уже могут распространяться и накапливаться в организме.
2. Способны к самостоятельному размножению без участия клетки-хозяина.
3. Невозможность лечения, они неизбежно приводят к летальному исходу.
4. Способны к передаче воздушно-капельным путем
5. Устойчивы к обычным методам дезинфекции, таким как нагревание, радиация и химические агенты.
6. Изменяют ДНК клетки-хозяина при проникновении в организм.

**Ответ:** 1, 3, 5.

### **Задача 2.3.1.8. Биолюминисценция (12 баллов)**

Тема: зоология.

#### **Условие**

Глубоководные морские организмы, такие как рыбы-удильщики, кальмары и некоторые виды медуз, обладают специальными органами — **фотофорами**, которые способны испускать свет. Свечение возможно благодаря преобразованию химической энергии в энергию света и называется биолюминесценцией. В процессе задействованы субстраты-люциферины и ферменты люциферазы.

Для чего животные могут использовать фотофоры? Выберите верные ответы.

Стоит отметить, что существует вариант использования не фотофоров, но лампы освещения для того, чтобы скрывать из вида самолеты и даже целые корабли.

1. Защита от ультрафиолетового излучения: фотофоры помогают поглощать ультрафиолетовые лучи, предотвращая повреждение ДНК и клеток.
2. Ориентация в пространстве: фотофоры обеспечивают свет для ориентации в темных водах океана, помогая животным находить дорогу.
3. Поиск пищи на поверхности: фотофоры позволяют глубоководным организмам находить пищу на поверхности воды.
4. Маскировка (контросвечение): некоторые рыбы, такие как серебристая акула, используют фотофоры для создания эффекта контросвечения. Это помогает им скрываться от хищников.
5. Привлечение добычи: рыбы-удильщики используют фотофоры в виде светящихся «удочек» для привлечения добычи. Свет приманивает мелких рыб и других морских обитателей, которых удильщик затем захватывает.
6. Коммуникация и привлечение партнера: некоторые виды кальмаров, такие как кальмар-вампир, используют биолюминесценцию для коммуникации с другими особями своего вида.

**Ответ:** 4, 5, 6.

### **Задача 2.3.1.9. Селекционер картофеля (5 баллов)**

Тема: ученые.

#### **Условие**

Этот человек был выдающимся ученым-агрономом, сыгравшим ключевую роль в развитии сельского хозяйства XX века. С ранних лет проявлял интерес к растениеводству, что предопределило его дальнейший путь в науке. Он окончил земледельческую и лесную академию, после чего начал свою профессиональную деятельность, сосредоточив внимание на селекции картофеля. Одним из главных достижений стало выведение новых сортов картофеля, которые отличались высокой урожайностью,

устойчивостью к заболеваниям и неблагоприятным климатическим условиям. Наиболее известным стал сорт картофеля, названный в его честь, который получил широкое признание благодаря своей устойчивости к фитофторозу и отличным вкусовым качествам. Этот сорт сыграл значительную роль в повышении продуктивности картофелеводства, что способствовало укреплению продовольственной безопасности страны. Кроме того, он проводил обширные исследования в области агротехники и физиологии картофеля. Его работы по оптимизации методов выращивания и ухода за картофелем, а также по изучению физиологических процессов, происходящих в растениях, стали важным вкладом в агрономическую науку. Эти исследования легли в основу многих последующих научных трудов и практических рекомендаций для фермеров и агрономов.

Назовите этого ученого.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Григорьевич Борщов (1833–1878).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 3.

### 2.3.2. Первая волна. Задачи 10–11 класса

Задачи первой волны предметного тура по биологии за 10–11 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63550/enter/>.

#### **Задача 2.3.2.1. Морские свинки (10 баллов)**

*Тема: генетика.*

##### **Условие**

В лаборатории генетики живут морские свинки Макс и Мира. Их первое потомство имело равномерно темный окрас, однако в пропорции 1:1 произошло распределение на гладкую и розеточную шерсть. При этом известно, что Мира имеет светлую гладкую шерстку. Каков генотип Макса, если темный оттенок и гладкая шерстка характерны для доминантных генов?

Гены, кодирующие доминантные признаки, обозначаются прописными буквами — *A*, *B*, аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки, обозначаются строчными буквами — *a*, *b*.

Для составления схем скрещивания воспользуйтесь решеткой Пеннета (таблица 2.3.1), где вдоль одной стороны расположены женские гаметы, а вдоль другой — мужские. Внутри таблицы размещают варианты генотипов, получаемых при скрещивании.

Таблица 2.3.1. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

1.  $aaBb$ ;
2.  $aaBB$ ;
3.  $AAbb$ ;
4.  $AABB$ .

### Решение

Темный оттенок и гладкая шерстка — доминантные гены, значит, обозначим их как  $A$  и  $B$ .

Мира имеет светлую гладкую шерстку, то есть  $aaBB$  или  $aaBb$ .

Гены, кодирующие доминантные признаки, обозначаются прописными буквами —  $A$ ,  $B$ , аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки, обозначаются строчными буквами —  $a$ ,  $b$ .

Для составления схем скрещивания воспользуемся решеткой Пеннета (таблица 2.3.1), где вдоль одной стороны расположены женские гаметы, а вдоль другой — мужские, внутри таблицы размещают варианты генотипов, получаемых при скрещивании.

В первом поколении особи единообразны по окрасу, это значит, что у Макса темная шерстка и генотип  $AA$ . Тогда у всех особей первого поколения генотип  $Aa$  и темная шерстка.

Разделение на розеточную и гладкую шерсть в пропорции 1 : 1 говорит о том, что по второй аллели генотип Макса  $bb$ .

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.1):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.2

$M \times M$	$Ab$
$aB$	$AaBb$

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.3

$M \times M$	$Ab$	
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 3.

### **Задача 2.3.2.2. Клетки и процессы (12 баллов)**

Тема: цитология.

#### **Условие**

Клетка — целостная элементарная единица со сложной структурой, характерная для всех живых организмов.

Клетки, сходные по функциям и строению, могут образовывать ткани, которые, в свою очередь, могут формировать органы. При этом клетки могут функционировать по-разному, и некоторые процессы характерны для определенных типов клеток и тканей, а также этапов жизненного цикла клетки.

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения. В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. Эндоцитоз. | А. Программируемая клеточная смерть, являющаяся нормальным и контролируемым процессом в организме, необходимым для поддержания гомеостаза и предотвращения развития опухолей. |
| 2. Апоптоз.   | В. Самопереваривание клетки или ткани, вызванное действием собственных ферментов, высвобожденных при разрушении клеточных мембран.  |
| 3. Автолиз.   | С. Процесс поглощения клеткой крупных частиц или жидкости путем образования везикул из плазматической мембраны.   |

**Ответ:** 1 — С, 2 — А, 3 — В.



### Задача 2.3.2.3. Микромир (15 баллов)

Тема: микробиология.

#### Условие

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

**А. Вирусы / Б. бактерии / В. грибы** представляют собой неклеточные инфекционные агенты, обладающие уникальными биологическими свойствами и способностью **А. инфицировать / Б. декомпозировать / В. интегрировать** все формы жизни, включая животных, растения, грибы, **А. бактерии и археи / Б. вирусы / В. микрогрибы**. Они состоят из **А. гетерогенного / Б. генетического / В. синтетического** материала, заключенного в **А. желатиновую / Б. клеточную / В. белковую** оболочку, называемую **А. матриксом / Б. капсидом / В. кутикулой**.

У некоторых **А. бактерий / Б. вирусов / В. архей** **А. матрикс / Б. капсид / В. кутикула** окружен(а) **А. липидной мембраной / Б. плазмой / В. спорой**, содержащей **А. бактериальные / Б. вирусные / В. растительные** гликопротеины, которые играют ключевую роль в распознавании и проникновении в **А. клетку-хозяина / Б. эксплант / В. клеточное ядро**. **А. Бактерии / Б. вирусы / В. археи** не обладают собственным метаболизмом и не могут размножаться самостоятельно; они нуждаются в **А. клетках-хозяевах / Б. эксплантах / В. клеточном ядре** для **А. синтеза / Б. репликации / В. фотолиза**.

#### Решение

**Вирусы / бактерии / грибы** представляют собой неклеточные инфекционные агенты, обладающие уникальными биологическими свойствами и способностью **инфицировать / декомпозировать / интегрировать** все формы жизни, включая животных, растения, грибы, **бактерии и археи / вирусы / микрогрибы**. Они состоят из гетерогенного / **генетического** / синтетического материала, заключенного в желатиновую / клеточную / **белковую оболочку**, называемую матриксом / **капсидом / кутикулой**. У некоторых бактерий / **вирусов / архей** матрикс / **капсид / кутикула** окружен(а) липидной **мембраной / плазмой / спорой**, содержащей **бактериальные / вирусные / растительные** гликопротеины, которые играют ключевую роль в распознавании и проникновении в **клетку-хозяина / эксплант / клеточное ядро**. Бактерии / **вирусы / археи** не обладают собственным метаболизмом и не могут размножаться самостоятельно; они нуждаются в **клетках-хозяевах / эксплантах / клеточном ядре** для **синтеза / репликации / фотолиза**.

Ответ: АААБВВБББАБАБАБ.

### Задача 2.3.2.4. Расчет клеток (15 баллов)

Тема: микробиология.

**Условие**

Подсчитайте количество эритроцитов в образце крови, используя камеру Горяева.

Для этого выполните следующие шаги:

1. разбавьте кровь физиологическим раствором в соотношении 1 : 200;
2. заполните камеру Горяева разбавленным раствором;
3. подсчитайте количество эритроцитов в пяти больших квадратах камеры Горяева;
4. рассчитайте концентрацию эритроцитов в 1 мл крови.

Известно, что объем одного большого квадрата камеры Горяева составляет 0,004 мм<sup>3</sup>.

В пяти больших квадратах насчитали 250 эритроцитов.

Ответ дайте в количестве клеток на 1 мл.

**Решение**

Количество подсчитанных клеток ( $N$ ) = 250 эритроцитов.

Разведение образца ( $D$ ) — в 200 раз.

Объем одного большого квадрата камеры Горяева ( $V$ ) = 0,004 мм<sup>3</sup>.

Количество подсчитанных больших квадратов ( $n$ ) = 5.

Подставим эти значения в формулу

$$C = \frac{N \times D}{V \times n},$$

получим

$$C = \frac{250 \times 200}{0,004 \times 5} = 2\,500\,000 \text{ клеток/мл.}$$

Таким образом, концентрация эритроцитов в 1 мл крови составляет 2 500 000 клеток/мл.

**Ответ:** 2 500 000.

**Задача 2.3.2.5. Инфекционные заболевания (12 баллов)**

Тема: физиология человека и животных.

**Условие**

Ученые из университета Глазго обнаружили, что заболеваемость гриппом и риновирусом, который вызывает обычную простуду, неравномерно распределена в течение года. Проанализировав более 44 000 случаев респираторных болезней, они пришли к выводу, что два вируса препятствуют распространению друг друга. Вероятно,

именно поэтому во время вспышек гриппа случаев обычной простуды становится меньше.

В целом в дыхательных путях человека может селиться множество патогенных вирусов и бактерий, и логично предположить, что они могут как-то взаимодействовать друг с другом, облегчая соседу захват человеческого тела, или, наоборот, конкурируя с ним за место и другие ресурсы. Известно, например, что вирусные инфекции могут ослаблять иммунитет и готовить почву для бактериальных: так, вирус гриппа «сотрудничает» с бактерией пневмококка.

Многие люди связывают холодную погоду с повышенной вероятностью заболеть простудой. Однако существует ли связь между воздействием холода и возникновением простудных заболеваний?

Какие из следующих утверждений верны?

Выберите верные ответы.

1. Холодная погода сама по себе вызывает простуду.
2. Вирусы, вызывающие простуду, могут распространяться быстрее в холодных и сухих условиях.
3. В зимний период люди чаще находятся в закрытых помещениях, что увеличивает вероятность передачи вирусов.
4. Переохлаждение снижает эффективность иммунной системы, делая человека более уязвимым к инфекциям.
5. Увеличенное потребление витамина С в холодное время года полностью предотвращает простуду.
6. Увлажнители воздуха помогают снизить риск простудных заболеваний в холодное время года.

**Ответ:** 2, 3, 4, 6.

### ***Задача 2.3.2.6. Максимальная продолжительность жизни (10 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

**Условие**

Деревья относятся к числу самых долгоживущих организмов на Земле, возраст некоторых из них исчисляется тысячами лет. Так, например, в 2018 году Национальном парке Поллино на юге Италии нашли старейшее дерево Европы — сосну Гельдрейха, возраст которой 1 230 лет.

Неудивительно, что деревья давно привлекают внимание специалистов по старению, которые хотят раскрыть секрет их долголетия и, возможно, использовать его для продления человеческих жизней. Кроме деревьев также можно встретить немало животных-долгожителей.

Сопоставьте самые долгоживущие виды животных с их приблизительной максимальной продолжительностью жизни. В ответ занесите цифру соответствующего вида в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Гренландский кит.                  | А. Более 500 лет.   |
| 2. Галапагосская черепаха.            | В. Более 100 лет.   |
| 3. Океанические моллюски-венусы.      | С. Более 200 лет.   |
| 4. Медуза.                            | Д. Более 300 лет.   |
| 5. Гигантские трубчатые черви рифтии. | Е. Животное способно полностью вернуться к стадии неполовозрелой колонии после достижения половой зрелости как одиночная особь. |

**Ответ:** 1 — С, 2 — В, 3 — А, 4 — Е, 5 — Д.

### **Задача 2.3.2.7. Восстановление нервных клеток (9 баллов)**

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

Известно, что нервные клетки, или нейроны, имеют ограниченную способность к восстановлению и регенерации, особенно в центральной нервной системе (ЦНС) у млекопитающих. Однако ученые из Кельнского университета (Германия) обнаружили, что кникус благословенный (*Cnicus benedictus*), растение семейства Астровых, может способствовать восстановлению нервных клеток. Это растение часто встречается вдоль дорог и на пустошах в ряде регионов России, Европы, Азии, Южной и Северной Америки и культивируется в качестве ароматной специи.

В ходе исследований выяснилось, что гликозид кницин, выделенный из кникуса, эффективно способствует росту аксонов в сенсорных нейронах у людей и животных (мышей, крыс и кроликов). Кницин также увеличил среднюю длину нейритов (нейронных отростков) в центральной нервной системе мышей и человека.

По каким причинам нервные клетки не восстанавливаются так легко, как другие клетки?

Выберите верные ответы.

1. Нейроны обладают сложной структурой, включая аксоны и дендриты, которые создают уникальные соединения с другими клетками. Восстановление или замена этих соединений требует переформирования сети, что крайне сложно.
2. Большинство нейронов в ЦНС теряют способность к делению после дифференцировки.
3. В центральной нервной системе присутствуют ингибирующие белки, такие как Nogo-A, и компоненты миелиновой оболочки, которые ограничивают рост аксонов после повреждения.
4. Нервные клетки постоянно замещаются новыми клетками из-за высокой скорости деления нейронов.
5. Восстановление нейронов требует исключительно высокого уровня кислорода, который не может быть обеспечен в ЦНС.

6. Нейроны не могут передавать сигналы после дифференцировки, поэтому их восстановление считается ненужным.
7. Нейронные связи восстанавливаются спонтанно при любых повреждениях, что делает регенерацию избыточной.

**Ответ:** 1, 2, 3.

### ***Задача 2.3.2.8. Стресс (12 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

Немецкие ученые выявили физиологическую основу благоприятного влияния прогулок на природе на психическое состояние. Как показала функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), подобное времяпровождение снижает активацию миндалевидных тел при выполнении психологических стресс-тестов, то есть прогулки на природе напрямую повысили устойчивость мозга к стрессу.

По данным ООН в настоящее время в городах живет 55% населения Земли, а к 2050 году этот показатель возрастет до 68%. Несмотря на многочисленные преимущества, урбанизация негативно сказывается на психическом здоровье — в городской местности тревожность, расстройства настроения, большая депрессия и шизофрения встречаются более чем на 50% чаще, чем в сельской. Нахождение на природе помогает восстанавливать внимание, отходить от стресса, увеличивать емкость рабочей памяти и улучшать физиологические показатели.

Какие механизмы участвуют в стрессовой реакции организма?

Выберите верные ответы.

1. Выброс кортизола из коры надпочечников.
2. Активация симпатической нервной системы.
3. Снижение уровня глюкозы в крови.
4. Увеличение частоты дыхания.
5. Увеличение уровня серотонина.
6. Снижение активности иммунной системы.
7. Активизация парасимпатической нервной системы.

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

### ***Задача 2.3.2.9. Селекционер картофеля (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

#### ***Условие***

Этот человек был выдающимся ученым-агрономом, сыгравшим ключевую роль в развитии сельского хозяйства XX века. С ранних лет проявлял интерес к растение-

водству, что предопределило его дальнейший путь в науке. Он окончил земледельческую и лесную академию, после чего начал свою профессиональную деятельность, сосредоточив внимание на селекции картофеля. Одним из главных достижений стало выведение новых сортов картофеля, которые отличались высокой урожайностью, устойчивостью к заболеваниям и неблагоприятным климатическим условиям. Наиболее известным стал сорт картофеля, названный в его честь, который получил широкое признание благодаря своей устойчивости к фитофторозу и отличным вкусовым качествам. Этот сорт сыграл значительную роль в повышении продуктивности картофелеводства, что способствовало укреплению продовольственной безопасности страны. Кроме того, он проводил обширные исследования в области агротехники и физиологии картофеля. Его работы по оптимизации методов выращивания и ухода за картофелем, а также по изучению физиологических процессов, происходящих в растениях, стали важным вкладом в агрономическую науку. Эти исследования легли в основу многих последующих научных трудов и практических рекомендаций для фермеров и агрономов.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Григорьевич Борщов (1833–1878).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 3.

### 2.3.3. Вторая волна. Задачи 8–9 класса

Задачи второй волны предметного тура по биологии за 8–9 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/63555/enter/>.

#### ***Задача 2.3.3.1. Морфологические особенности растений (10 баллов)***

*Тема: биология растений.*

##### ***Условие***

Морфология растений является важной частью ботаники и позволяет рассмотреть процессы развития растений и их особенности в зависимости от вида и этапа жизненного цикла. Это дает возможность структурировать знания о растениях, выделяя признаки, характерные для определенных видов, либо формируя общие характеристики частей и органов растений.

Выберите элементы, не характерные для описания строения листа растения:

1. ксилема,
2. флоэма,

3. устьица,
4. ключица,
5. эпидерма,
6. мицелий.

### **Решение**

Для строения листа растения характерно наличие устьиц, флоэмы, ксилемы и эпидермы.

Ключица — это кость, связывающая плечевой сустав и грудную кость.

Мицелий — это вегетативное тело грибов и актиномицетов.

**Ответ:** 4, 6.

### **Задача 2.3.3.2. Костные ткани (12 баллов)**

Тема: анатомия.

#### **Условие**

Школьник Иван увлекается биотехнологиями и биомедициной. В биомедицинской научной лаборатории ему выдали для исследования напечатанный на биопринтере фрагмент костной ткани. Костная ткань подразделяется на несколько типов, каждый из которых обладает уникальными характеристиками и выполняет определенные задачи. Для того чтобы понять, фрагмент какой именно ткани получил Иван, помогите ему сопоставить предложенные термины и их описания.

В ответ занесите цифру соответствующего вида в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |               |  |
|---------------|--|
| 1. Трубчатые. | А. Не соответствуют стандартным формам и обычно имеют сложное строение, сочетающее элементы различных типов костей.                            |
| 2. Губчатые.  | В. Имеют длинную, цилиндрическую форму и содержат полость, заполненную костным мозгом, играя важную роль в поддержке тела и движении.          |
| 3. Плоские.   | С. Состоят из мелких костных трабекул, образующих решетчатую структуру, и встречаются в местах, где необходимо сочетание легкости и прочности. |
| 4. Смешанные. | Д. Имеют широкий, плоский профиль и часто служат для защиты внутренних органов или предоставления поверхностей для мышечного прикрепления.     |

**Ответ:** 1 — В, 2 — С, 3 — Д, 4 — А.

### **Задача 2.3.3.3. Особенности растительных объектов (20 баллов)**

Тема: биология растений.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенных.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

**А. Колос / Б. зонтик / В. початок** является типом соцветия, характерного в том числе для многих **А. плодовых / Б. злаковых / В. цветковых** растений, таких как пшеница, рожь и ячмень. Он состоит из главной оси, на которой расположены мелкие соцветия — **А. початки / Б. корзинки / В. колоски**. Каждый колосок содержит несколько **А. зерен / Б. листков / В. цветков**, окруженных **А. волосистыми / Б. колосковыми / В. завитыми** и цветковыми чешуями, такими как лемма и палея. Эти чешуи защищают развивающиеся цветки, из которых формируются **А. зерновки / Б. корзинки / В. соцветия**. В некоторых случаях на вершинах цветковых чешуй могут присутствовать остистые или щетинковидные выросты, которые способствуют **А. украшению / Б. питанию / В. защите** и распространению семян. **А. Колос / Б. зонтик / В. початок** имеет компактную и экономичную структуру, обеспечивающую эффективное **А. размещение / Б. созревание / В. подсыхание цветков** и семян, а также их защиту от неблагоприятных условий окружающей среды.

#### **Решение**

**Колос / зонтик / початок** является типом соцветия, характерным в том числе для многих плодовых / **злаковых** / цветковых растений, таких как пшеница, рожь и ячмень. Он состоит из главной оси, на которой расположены мелкие соцветия — початки / корзинки / **колоски**. Каждый колосок содержит несколько **зерен** / листков / цветков, окруженных волосистыми / **колосковыми** / завитыми и цветковыми чешуями, такими как лемма и палея. Эти чешуи защищают развивающиеся цветки, из которых формируются **зерновки** / корзинки / соцветия. В некоторых случаях на вершинах цветковых чешуй могут присутствовать остистые или щетинковидные выросты, которые способствуют украшению / питанию / **защите** и распространению семян. **Колос / зонтик / початок** имеет компактную и экономичную структуру, обеспечивающую эффективное **размещение** / созревание / подсыхание цветков и семян, а также их защиту от неблагоприятных условий окружающей среды.

**Ответ:** АБВАБАВАА.

### **Задача 2.3.3.4. Цепи питания (11 баллов)**

Тема: пищевые цепи.

#### **Условие**

В экосистеме озера обитают следующие организмы:



- фитопланктон (водоросли);
- зоопланктон (мелкие ракообразные, питается фитопланктоном);
- мелкая рыба (питается зоопланктоном);
- хищная рыба (питается мелкой рыбой);
- водные птицы (питаются хищной рыбой).

Вычислите, сколько килограммов фитопланктона необходимо для прироста биомассы щуки на 47 кг.

### **Решение**

Пользуясь правилом 10%, рассчитаем массу фитопланктона. Для этого конечную массу щуки разделим на 0,1, получив 10% прироста исходной биомассы на каждом уровне перехода в цепи питания.

$$\frac{47}{0,001} = 47\,000 \text{ кг.}$$

**Ответ:** 47 000 кг.

### **Задача 2.3.3.5. Дальность перелетов (10 баллов)**

Тема: зоология.

#### **Условие**

Перелетные птицы способны преодолевать огромные расстояния при миграциях, среди них, конечно же, можно встретить и рекордсменов по количеству километров, преодолеваемых за год.

Для поддержания полета существуют уникальные механизмы и адаптации, вот некоторые из них:

- альбатросы используют динамическое парение благодаря разнице в скорости ветра на различных высотах над океаном;
- орлы и аисты используют восходящие потоки теплого воздуха для подъема на большие высоты без необходимости активно махать крыльями;
- птицы с обтекаемой формой тела и длинными узкими крыльями, как у стрижей и альбатросов, могут эффективно скользить в воздухе, уменьшая сопротивление воздуха и экономя энергию;
- некоторые птицы способны замедлять свой метаболизм во время долгих полетов, чтобы расходовать меньше энергии, что особенно важно для миграций на большие расстояния.

Портал Statista посчитал самые длинные дистанции. Сопоставьте названия птиц, приведенные ниже, и расстояния в километрах, которые они преодолевают за год.

- |                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 1. Полярная крачка.         | A. 30 000. |
| 2. Серый буревестник.       | B. 96 000. |
| 3. Тонкоклювый буревестник. | C. 18 000. |
| 4. Обыкновенная каменка.    | D. 64 000. |
| 5. Каменка-плешанка.        | E. 43 000. |

**Ответ:** 1 — B, 2 — D, 3 — E, 4 — A, 5 — C.

### ***Задача 2.3.3.6. Продолжительность сна (15 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

Перекрестное исследование британских ученых, основанное на данных британского биобанка, показало, что увеличенная продолжительность сна негативно влияет на когнитивное здоровье. Ранний хронотип также негативно сказывался на когнитивных функциях, а средний и поздний хронотипы оказались связаны с лучшими оценками когнитивных функций.

Сон является важным биологическим процессом, необходимым для физического и психического здоровья человека. Во время сна происходят восстановительные процессы, и его недостаток может привести к серьезным последствиям для здоровья.

Какие из следующих утверждений о сне верны?

1. Во время сна мозг полностью отключается и неактивен.
2. Сон делится на несколько стадий, включая фазу быстрого сна (rapid eye movement — REM) и фазу медленного сна (non-rapid eye movement NREM).
3. Недостаток сна может привести к ухудшению когнитивных функций и памяти.
4. Взрослым людям рекомендуется спать 7–9 ч в сутки.
5. Во время сна происходит восстановление и укрепление иммунной системы.
6. Долгий дневной сон является полным эквивалентом ночного сна.
7. Сон необходим для поддержания эмоционального и психологического здоровья.

**Ответ:** 2, 3, 4, 5, 7.

### ***Задача 2.3.3.7. Пересадка почки (9 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

В марте 2024 года американские хирурги впервые пересадили почку свиньи живому человеку. Это была свиная генномодифицированная почка EGEN-2784, разработанная компанией eGenesis. Как вы понимаете, по размеру и функциям почка

человека и свиньи достаточно похожа, но функционированию пересаженного органа точно мешают иммунная реакция отторжения трансплантата и вирусы, встроенные в геном животных, для этого геном свиньи был отредактирован с помощью технологии CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats — короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами).

Какие действия с геномом нужно было выполнить для того, чтобы избежать отторжения почки:

1. нокаут генов, отвечающих за подострое отторжение;
2. добавление человеческих трансгенов;
3. изменение генов, отвечающих за размер органа;
4. увеличение количества митохондрий в клетках почки;
5. инактивацию эндогенных ретровирусов в свином геноме;
6. добавление генов, способствующих ускоренному заживлению ран.

**Ответ:** 1, 2, 5.

### ***Задача 2.3.3.8. Редактирование генома (8 баллов)***

*Тема: генетика.*

#### ***Условие***

В декабре 2023 года управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств США (FDA) одобрило к применению терапию серповидноклеточной анемии, основанную на системе редактирования генов CRISPR.

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) — это технология редактирования генов, которая позволяет ученым изменять ДНК с высокой точностью. С ее помощью можно лечить ряд генетических заболеваний.

Какие именно? Выберите верные ответы:

1. Бета-талассемия.
2. Шизофрения.
3. Мускулярная дистрофия Дюшенна.
4. Кистозный фиброз.
5. Гемофилия.
6. Остеоартрит.

**Ответ:** 1, 3, 4, 5.

### ***Задача 2.3.3.9. Исследователь Арктики (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

### **Условие**

Этот человек был выдающимся исследователем, океанографом и биологом, чьи открытия существенно расширили знания в области морской биологии и океанографии. Родившись в крестьянской семье в Полтавской губернии, он проявлял способности к науке и исследовательской деятельности с раннего возраста.

Он начал свою научную карьеру с изучения морской флоры и фауны и принимал участие в многочисленных научных экспедициях в Арктику, где его исследования внесли значительный вклад в понимание жизни в экстремальных условиях. Ученый исследовал биологические процессы в Северном Ледовитом океане, изучая распределение и поведение планктона, что имело важное значение для понимания экосистем Арктики.

Одним из наиболее значимых достижений стало открытие глубоководных течений в Северном Ледовитом океане и их влияние на биологические процессы. Его исследования показали, что эти течения играют ключевую роль в распределении питательных веществ и, следовательно, в поддержании жизни в океане. Ученый также изучал ледяные покровы Арктики, их динамику и влияние на морскую биологию в целом. В 1937 году был отправлен на уникальную Полярную станцию на дрейфующем льду «Северный полюс-1», где он и его команда провели важнейшие исследования, включающие наблюдения за климатическими и биологическими процессами в Арктике. Эти исследования позволили получить бесценные данные о полярных экосистемах и климатических изменениях.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Григорьевич Борщов (1833–1878).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 6.

## **2.3.4. Вторая волна. Задачи 10–11 класса**

Задачи второй волны предметного тура по биологии за 10–11 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63551/enter/>.

### **Задача 2.3.4.1. Морфологические особенности растений (10 баллов)**

*Тема: биология растений.*

**Условие**

В лаборатории генетики живут морские свинки Макс и Мира. Их первое потомство имело равномерно темный окрас, однако в пропорции 1:1 произошло распределение на гладкую и розеточную шерсть. При этом известно, что Мира имеет светлую гладкую шерстку. Каков генотип Миры, если темный оттенок и гладкая шерстка характерны для доминантных генов?

Гены, кодирующие доминантные признаки, обозначаются прописными буквами —  $A$ ,  $B$ , аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки, обозначаются строчными буквами —  $a$ ,  $b$ .

Для составления схем скрещивания воспользуйтесь решеткой Пеннета (таблица 2.3.4), где вдоль одной стороны расположены женские гаметы, а вдоль другой — мужские. Внутри таблицы размещают варианты генотипов, получаемых при скрещивании.

Таблица 2.3.4. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

1.  $aaBb$ ;
2.  $aaBB$ ;
3.  $AAbb$ ;
4.  $AABB$ .

**Решение**

Темный оттенок и гладкая шерстка — доминантные гены, значит, обозначим их как  $A$  и  $B$ .

Мира имеет светлую гладкую шерстку, то есть  $aaBB$  или  $aaBb$ .

В первом поколении особи единообразны по окрасу, значит, у Макса темная шерстка и генотип  $AA$ . Тогда у всех особей первого поколения генотип  $Aa$  и темная шерстка.

Разделение на розеточную и гладкую шерсть в пропорции 1 : 1 говорит о том, что по второй аллели генотип Макса  $bb$ .

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.4):

**Вариант А**

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.5

$M \times M$	$Ab$
$aB$	$AaBb$

Поколение единообразно, условию задачи не соответствует.

**Вариант Б**

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.6

$M \times M$	$Ab$	
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 1.

**Задача 2.3.4.2. Клетки и процессы (12 баллов)**

Тема: микробиология.

**Условие**

Живые организмы обладают определенными признаками, отличающими их от объектов неживой природы: дыхания, роста, развития, движения и пр.

Для описания и подробного исследования некоторых свойств организмов используются следующие термины и процессы.

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения.

В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Онтогенез.    | А. Процесс накопления мутаций, провоцирующих возникновение злокачественных опухолей и опухолевых процессов. |
| 2. Морфогенез.   | В. Полный цикл развития живого организма с учетом индивидуальных особенностей.                              |
| 3. Канцерогенез. | С. Процесс изменения и развития структур, появившихся в ходе развития живого организма.                     |

Ответ: 1 — В, 2 — С, 3 — А.

### **Задача 2.3.4.3. Метаболизм (15 баллов)**

Тема: внутриклеточные биохимические реакции.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

**А. Аденозинтрифосфат (АТФ) / Б. Аденозиндифосфат (АДФ) / В. белок** является универсальным носителем **А. наследственной информации / Б. энергии / В. питательных веществ** в клетках и играет ключевую роль в **А. метаболических / Б. кинетических / В. мутационных** процессах.

**А. Аденозинтрифосфат (АТФ) / Б. Аденозиндифосфат (АДФ) / В. белок** является **А. объемной / Б. высокоэнергетической / В. низкоэнергетической** молекулой благодаря **А. эндотермическим / Б. макроэргическим / В. экзотермическим** связям между **А. фосфатными / Б. нитратными / В. водородными** группами. Гидролиз **А. аденозинтрифосфата (АТФ) / Б. аденозиндифосфата (АДФ) / В. белка** до **А. аденозинтрифосфата (АТФ) / Б. аденозиндифосфата (АДФ) / В. белка** и **А. неорганического фосфата / Б. водорода / В. азота** высвобождает значительное количество **А. наследственной информации / Б. энергии / В. питательных веществ**, используемой для проведения различных клеточных процессов, таких как синтез **А. аденозинтрифосфата (АТФ) / Б. аденозиндифосфата (АДФ) / В. белка**, транспорт веществ через клеточные мембраны и механическое движение.

#### **Решение**

**Аденозинтрифосфат (АТФ) / Аденозиндифосфат (АДФ) / белок** является универсальным носителем наследственной информации / **энергии** / питательных веществ в клетках и играет ключевую роль в **метаболических / кинетических / мутационных** процессах.

**Аденозинтрифосфат (АТФ) / Аденозиндифосфат (АДФ) / белок** является **объемной / высокоэнергетической / низкоэнергетической** молекулой благодаря **эндотермическим / макроэргическим / экзотермическим** связям между **фосфатными / нитратными / водородными** группами. Гидролиз **аденозинтрифосфата (АТФ) / аденозиндифосфата (АДФ) / В. белка** до **аденозинтрифосфата (АТФ) / аденозиндифосфата (АДФ) / белка** и **неорганического фосфата / водорода / азота** высвобождает значительное количество наследственной информации / **энергии** / питательных веществ, используемой для проведения различных клеточных процессов, таких как синтез **аденозинтрифосфата (АТФ) / аденозиндифосфата (АДФ) / белка**, транспорт веществ через клеточные мембраны и механическое движение.

Ответ: АБААББААБАБВ.

### **Задача 2.3.4.4. Расчет клеток (15 баллов)**

Тема: микробиология.

#### **Условие**

Подсчитайте количество одноклеточных в образце воды из лужи, используя камеру Горяева. Для этого выполните следующие шаги:

1. разбавьте пробу воды из лужи физиологическим раствором в соотношении 1 : 100;
2. заполните камеру Горяева разбавленным раствором;
3. подсчитайте количество одноклеточных эукариот в десяти больших квадратах камеры Горяева;
4. рассчитайте концентрацию одноклеточных эукариот в 1 мл воды.

Известно, что объем одного большого квадрата камеры Горяева составляет 0,004 мм<sup>3</sup>. В десяти больших квадратах насчитали 150 одноклеточных эукариот.

#### **Решение**

Количество подсчитанных клеток ( $N$ ) = 150 одноклеточных эукариот.

Разведение образца ( $D$ ) — в 100 раз.

Объем одного большого квадрата камеры Горяева ( $V$ ) = 0,004 мм<sup>3</sup>.

Количество подсчитанных больших квадратов ( $n$ ) = 10. Подставим эти значения в формулу:

$$C = \frac{150 \times 100}{0,004 \times 10} = 375\,000 \text{ клеток/мл.}$$

Таким образом, концентрация одноклеточных эукариот в 1 мл воды составляет 375 000 клеток/мл.

**Ответ:** 375 000.

### **Задача 2.3.4.5. Речь и мозг (12 баллов)**

Тема: физиология человека и животных.

#### **Условие**

Идея о том, что люди используют только 10% своего мозга, является мифом. На самом деле исследования показывают, что мы используем весь мозг, хотя и не все его части активны одновременно. Разные области мозга выполняют различные функции, и их активность зависит от выполняемых задач. Например, одни области отвечают за движение, другие — за восприятие, третьи — за обработку информации и так далее.

Современные методы нейровизуализации, такие как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), по-



казывают, что даже при выполнении простых задач активны большие участки мозга. Наш мозг высокоэффективен и адаптивен, и его функции распределены по различным областям, которые работают совместно.

К примеру, восприятие и производство речи — это сложные процессы, которые задействуют различные области мозга.

Выберите, какие именно части мозга участвуют в восприятии речи и говорении:

1. зона Брока;
2. зона Вернике;
3. гиппокамп;
4. моторная кора;
5. мозжечок;
6. зрительная кора;
7. лобная доля.

**Ответ:** 1, 2, 4, 7.

### ***Задача 2.3.4.6. Паразиты и их хозяева (10 баллов)***

*Тема: зоология.*

#### **Условие**

В апреле 2024 года в журнале JAMA Ophthalmology вышла статья с описанием необычного случая заражения паразитом — врачи извлекли из глаза молодой жительницы Демократической Республики Конго личинку пятиустки *Armillifer grandis* — паразитического ракообразного, которое обычно живет в дыхательных путях змей и других рептилий. Скорее всего, девушка заразилась им при употреблении недостаточно обработанной крокодилятины. При этом паразит рос в ее глазу на протяжении двух лет. Человек не относится к типичным хозяевам пятиусток, но иногда эти паразиты случайно заражают людей.

Пятиустка — не единственный паразит, которого можно встретить в природе. Известно, что паразиты могут иметь основного и промежуточного хозяина, также встречаются паразиты паразитов или сверхпаразиты. В этом задании нужно сопоставить паразитов с их основными хозяевами или симптомами заражения.

#### **Вид паразита**

1. Токсоплазма. (*Toxoplasma gondii*)

#### **Симптомы/основные хозяева**

А. Может использовать кошек в качестве окончательных хозяев, а также инфицирует людей, поражая нервную и лимфатическую системы, глаза, скелетные мышцы, миокард и др.; в подавляющем большинстве случаев болезнь протекает бессимптомно.

- |   |  |
|---|--|
| 2. Малярийный плазмодий. ( <i>Plasmodium falciparum</i> ) | В. Заражает детей, вызывая зуд в перианальной области, яйца передаются через загрязненные руки, продукты питания, реже — через воду.   |
| 3. Эхинококк. ( <i>Echinococcus granulosus</i> )          | С. Вызывает кишечные инфекции у людей и передается через загрязненные источники воды.  |
| 4. Острица. ( <i>Enterobius vermicularis</i> )            | D. Заболевание сопровождается лихорадкой, ознобами, увеличением размеров селезенки, увеличением размеров печени, анемией; передается через укусы комаров рода <i>Anopheles</i> . |
| 5. Лямблия. ( <i>Giardia lamblia</i> )                    | Е. Заражает домашних животных и людей, образуя кисты в печени и других органах.  |

**Ответ:** 1 — А, 2 — D, 3 — Е, 4 — В, 5 — С.

### **Задача 2.3.4.7. Родительский вклад (12 баллов)**

Тема: зоология.

#### **Условие**

В конце июля 2024 года орнитологи из Австрии и Нидерландов опубликовали статью по результатам наблюдения за парами гнездящихся казарок на Шпицбергене и заметили, что некоторые самцы садились на гнезда, когда самки временно покидали их. Ранее такого поведения среди казарок не наблюдалось — в целом у большинства видов гусеобразных кладку насиживают самки. Ученые предположили, что такое поведение самцов может защищать кладку от хищников, однако вероятность вылупления птенцов в гнездах, где самцы сидели на кладке, и в тех, где они этого не делали, не различалась.

Забота о потомстве в целом является важной частью родительского поведения у многих видов животных. У некоторых видов самцы активно участвуют в воспитании и защите потомства. Какие примеры заботы самцов о потомстве наиболее характерны для различных видов животных?

1. Самцы морских коньков вынашивают яйца в специальной брюшной сумке до их вылупления.
2. Самцы императорских пингвинов высиживают яйца на ногах в течение долгих зимних месяцев, пока самки ищут пищу.
3. Именно серые волки, а не волчицы обеспечивают охрану логова и добывают пищу для щенков.
4. Самцы африканских слонов охраняют стадо и помогают самкам заботиться о детенышах.
5. Самцы японской макаки строят гнезда для своих детенышей на деревьях.
6. Самцы австралийской яканы высиживают яйца и заботятся о потомстве.

**Ответ:** 1, 2, 3, 6.

### ***Задача 2.3.4.8. Таурин и старение (9 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

Группа ученых выяснила, что с возрастом в крови мышей, обезьян и людей значительно снижается уровень таурина. Добавление этой сульфаминокислоты в пищу продлевало здоровую жизнь в экспериментах на круглых червях, мышах и обезьянах, а ее дефицит у людей был связан с маркерами метаболических расстройств и воспаления. Кроме того, таурин положительно влиял на многочисленные признаки старения на клеточном и молекулярном уровне. Отчет о проделанной работе опубликован в журнале Science.

Таурин широко распространен в тканях животных (составляет около 0,1% массы тела человека). Он необходим для правильного развития и работы сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, сетчатки глаза и скелетных мышц. У человека служит условно незаменимым питательным веществом (полностью незаменимым у детей). Известно, что его концентрация в крови коррелирует с некоторыми показателями здоровья кожи, сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем, а также метаболизма глюкозы.

Тем не менее, таурин — это не единственный показатель старения организма. Какие процессы связаны со старением у млекопитающих?

1. Уменьшение длины теломер: каждый раз, когда клетка делится, теломеры на концах хромосом укорачиваются, что в конечном итоге ограничивает число возможных делений клеток.
2. Накопление повреждений и мутаций ДНК: в процессе жизни клетки в ДНК накапливаются повреждения и мутации, которые со временем могут приводить к нарушениям ее функций.
3. Увеличение с возрастом активности митохондрий, что способствует повышению количества АТФ в клетках.
4. Снижение уровня антиоксидантов: снижение способности организма нейтрализовать свободные радикалы может способствовать клеточному старению.
5. Повышение с возрастом регенеративной способности клеток.
6. Увеличение числа стволовых клеток и их эффективности с возрастом.
7. Повышение синтеза коллагена, что приводит к появлению морщин и снижению упругости тканей.

**Ответ:** 1, 2, 4.

### ***Задача 2.3.4.9. Исследователь Арктики (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

### **Условие**

Этот человек был выдающимся исследователем, океанографом и биологом, чьи открытия существенно расширили знания в области морской биологии и океанографии. Родившись в крестьянской семье в Полтавской губернии, он проявлял способности к науке и исследовательской деятельности с раннего возраста.

Он начал свою научную карьеру с изучения морской флоры и фауны и принимал участие в многочисленных научных экспедициях в Арктику, где его исследования внесли значительный вклад в понимание жизни в экстремальных условиях. Ученый исследовал биологические процессы в Северном Ледовитом океане, изучая распределение и поведение планктона, что имело важное значение для понимания экосистем Арктики.

Одним из наиболее значимых достижений стало открытие глубоководных течений в Северном Ледовитом океане и их влияние на биологические процессы. Его исследования показали, что эти течения играют ключевую роль в распределении питательных веществ и, следовательно, в поддержании жизни в океане. Ученый также изучал ледяные покровы Арктики, их динамику и влияние на морскую биологию в целом. В 1937 году был отправлен на уникальную Полярную станцию на дрейфующем льду «Северный полюс-1», где он и его команда провели важнейшие исследования, включающие наблюдения за климатическими и биологическими процессами в Арктике. Эти исследования позволили получить бесценные данные о полярных экосистемах и климатических изменениях.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Григорьевич Борщов (1833–1878).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 6.

## **2.3.5. Третья волна. Задачи 8–9 класса**

Задачи третьей волны предметного тура по биологии за 8–9 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/63556/enter/>.

### **Задача 2.3.5.1. Морфологические особенности растений (9 баллов)**

*Тема: биология растений.*

**Условие**

Морфология растений является важной частью ботаники и позволяет рассмотреть процессы развития растений и их особенности в зависимости от вида и этапа жизненного цикла. Это дает возможность структурировать знания о растениях, выделяя признаки, характерные для определенных видов, либо формируя общие характеристики частей и органов растения.

Выберите элементы, которые характерны для растительной почки:

1. почечная чешуя;
2. зачаточный стебель;
3. конус нарастания;
4. кутикула;
5. эндосфера;
6. жилка.

**Решение**

Для строения растительной почки характерно наличие почечной чешуи, зачаточного стебля и формирующегося конуса нарастания.

**Ответ:** 1, 2, 3.

**Задача 2.3.5.2. Костные ткани (15 баллов)**

Тема: анатомия.

**Условие**

Школьник Иван увлекается ИТ и графическим дизайном. На биологии он долго не мог запомнить строение органов дыхания и их функции. Для того чтобы выучить материал, он решил создать интерактивное пособие с подробным описанием каждого элемента.

Помогите Ивану разобраться с материалами, которые нужно внести в пособие, сопоставив предложенные термины и их описания.

В ответ занесите цифру соответствующего органа в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |            |   |
|------------|---|
| 1. Трахея. | А. Ведет к конечным воздушным мешочкам и играет ключевую роль в доставке воздуха к участкам газообмена. |
| 2. Бронхи. | В. Расположена позади носовой полости и служит переходной зоной для воздуха.                            |
| 3. Легкие. | С. Представляет собой трубчатую структуру, покрытую кольцами хрящей для предотвращения ее спадения.     |

4. Бронхиолы. D. Разветвленная структура, которая ведет от основного дыхательного органа и далее делится на более мелкие проходы.
5. Носоглотка. E. Состоит из множества мелких воздушных мешочков, где происходит газообмен между воздухом и кровью.

**Ответ:** 1 — C, 2 — D, 3 — E, 4 — A, 5 — B.

### **Задача 2.3.5.3. Микромир (20 баллов)**

*Тема: микробиология.*

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

Основной таксономической категорией, принятой в биологии, является **А. вид / Б. род / В. отдел**. **А. Виды / Б. порядки / В. семейства** объединяются в **А. отделы / Б. роды / В. семейства**, те — в **А. виды / Б. роды / В. семейства**, они — в **А. порядки / Б. отделы / В. семейства**, далее следуют классы, **А. порядки / Б. отделы / В. семейства** и царства.

В **А. микробиологии / Б. ботанике / В. медицине** существуют и более мелкие таксономические единицы, чем **А. вид / Б. род / В. отдел**: подвид, **А. группа / Б. двойник / В. разновидность**.

Они могут различаться по физиологическим, морфологическим или по антигенным свойствам.

Большое значение в микробиологии имеют такие понятия, как **А. клон / Б. штамм / В. подтип** — чистая культура, полученная из одной клетки, и **А. клон / Б. штамм / В. подтип** — культуры бактерий одного вида, выделенные из различных источников либо из одного источника в разное время или полученные в ходе генетических манипуляций. Разные **А. клоны / Б. штаммы / В. подтипы** одного и того же **А. клона / Б. сорта / В. вида** бактерий могут отличаться друг от друга по целому ряду свойств, например, по чувствительности к антибиотикам, способности к синтезу токсинов, ферментов и др.

#### **Решение**

Основной таксономической категорией, принятой в биологии, является **вид / род / отдел**. **Виды / порядки / семейства** объединяются в **отделы / роды / семейства**, те — в **виды / роды / семейства**, они — в **порядки / отделы / семейства**, далее следуют классы, **порядки / отделы / семейства** и царства.

В **микробиологии / ботанике / медицине** существуют и более мелкие таксономические единицы, чем **вид / род / отдел**: подвид, группа / двойник / **разновидность**.

Они могут различаться по физиологическим, морфологическим или по антигенным свойствам.

Большое значение в микробиологии имеют такие понятия, как **клон** / штамм / подтип — чистая культура, полученная из одной клетки, и клон / **штамм** / подтип — культуры бактерий одного вида, выделенные из различных источников либо из одного источника в разное время или полученные в ходе генетических манипуляций. Разные клоны / **штаммы** / подтипы одного и того же клона / сорта/ **вида** бактерий могут отличаться друг от друга по целому ряду свойств, например, по чувствительности к антибиотикам, способности к синтезу токсинов, ферментов и др.

**Ответ:** ААБВАБААВАББВ.

### **Задача 2.3.5.4. Цепи питания (9 баллов)**

*Тема: пищевые цепи.*

#### **Условие**

В лесной экосистеме обитают следующие организмы:

- дуб;
- гусеницы (питаются листьями дуба);
- жуки (питаются гусеницами);
- птицы (питаются жуками);
- хищные птицы (питаются мелкими птицами).

В начальный момент времени дуб производит 5 000 единиц энергии.

Требуется рассчитать, какая доля первоначальной энергии дуба будет усвоена хищными птицами, если известно, что на каждом трофическом уровне передается 10% энергии. Учитывая, что энергия, усваиваемая дубом за день, составляет 5 000 единиц, рассчитайте, сколько особей хищных птиц может прокормиться в данной экосистеме, если каждая хищная птица потребляет 0,2 единицы энергии в день.

#### **Решение**

Пользуясь правилом 10% рассчитаем получаемое от дуба ежедневно:

$$5\,000 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 5 \text{ единиц.}$$

Пять особей потребляют  $0,2 \cdot 5 = 1$  единицу энергии.

То есть всего может быть 25 особей хищных птиц.

**Ответ:** 25.

### **Задача 2.3.5.5. Вирусы в нашем геноме (9 баллов)**

*Тема: эволюция.*

**Условие**

Это может показаться невозможным, но формирование отдельных особенностей наших организмов не произошло бы, не случись встройки вирусов в организм наших предков. Миллионы лет назад интеграция вирусных генов привела к появлению новых белков, которые и по сей день играют важные роли в физиологии и биологии организма.

Из списка выберите белки, которые появились у нас благодаря вирусам.

1. Белок миелиновой оболочки аксонов.
2. Белковый гормон инсулин.
3. Белок синтицин, отвечающий за формирование плаценты.
4. Белок Агс, связанный с синаптической пластичностью и памятью.
5. Белок миозин, участвующий в мышечном сокращении.
6. Гемоглобин — белок переносчик кислорода в крови.

**Ответ:** 1, 3, 4.

**Задача 2.3.5.6. Заболевания пшеницы (12 баллов)**

Тема: ботаника.

**Условие**

Пшеница является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире, обеспечивающей значительную часть питания для людей. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, ежегодно в мире производится около 750 млн т пшеницы. Однако значительная часть урожая теряется из-за различных заболеваний. Например, из-за фузариоза в некоторых регионах России пропадает до 15% урожая.



Рис. 2.3.1. Зерна пшеницы, пораженные фузариозом

Грибковые болезни пшеницы могут существенно снижать урожайность и качество зерна, что приводит к большим экономическим потерям и уменьшению доступности продовольствия.

Какие из перечисленных ниже заболеваний являются грибковыми болезнями пшеницы, которые способствуют этим потерям? Выберите верные ответы.

1. Бурая ржавчина (*Puccinia recondita*).



2. Желтая карликовость пшеницы (*Barley yellow dwarf virus*).
3. Мучнистая роса (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*).
4. Фузариоз (*Fusarium* spp.).
5. Бактериальная пятнистость листьев (*Xanthomonas campestris* pv. *translucens*).
6. Септориоз (*Septoria tritici*).

**Ответ:** 1, 3, 4, 6.

### **Задача 2.3.5.7. Секвенирование ДНК (9 баллов)**

Тема: генетика.

#### **Условие**

В октябре 2022 года семнадцатилетний Индивер Мадиредди (Indeever Madired-du), учащийся старшей школы из Калифорнии, секвенировал, собрал и аннотировал полный геном обыкновенной скалярии впервые в истории. Моделью для исследования стала аквариумная рыбка Кельвин, погибшая от естественных причин. По словам Мадиредди, таким образом он решил увековечить память о своем питомце и предоставить новую информацию научному сообществу.

Секвенирование ДНК — это процесс определения последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Современные методы секвенирования позволяют быстро и точно расшифровывать генетическую информацию, что имеет огромное значение для медицинских, биологических и агротехнологических исследований.

Какие из следующих утверждений о секвенировании ДНК верны?

1. Секвенирование ДНК позволяет определить точный порядок нуклеотидов в молекуле ДНК.
2. Метод Сэнгера — это метод секвенирования, который используют для прочтения длинных участков ДНК в современной науке.
3. Современные методы секвенирования, такие как секвенирование нового поколения (NGS), позволяют секвенировать большие объемы генетического материала быстро и экономично.
4. Секвенирование ДНК используется только в медицинских исследованиях.
5. Секвенирование ДНК может помочь в идентификации патогенов и разработке целенаправленных методов лечения.
6. Секвенирование ДНК не применяется в сельском хозяйстве.

**Ответ:** 1, 3, 5.

### **Задача 2.3.5.8. Резистентность (12 баллов)**

Тема: микробиология.

**Условие**

В 2019 году резистентность бактерий к антибиотикам стала третьей причиной смертности в мире после ишемических болезней сердца и инсульта. Антибиотикорезистентность — это частный случай устойчивости к противомикробным препаратам, которые обычно уничтожают или подавляют рост бактерий. Резистентность к антибиотикам может развиваться в результате естественного отбора посредством случайных мутаций и/или благодаря воздействию антибиотика. Микроорганизмы способны переносить генетическую информацию устойчивости к антибиотикам путем горизонтального переноса генов. Это явление представляет серьезную угрозу для здоровья, так как устойчивые к антибиотикам инфекции сложнее лечить, и они могут приводить к более тяжелым исходам.

Какие из следующих заболеваний известны своей устойчивостью к антибиотикам?

1. Туберкулез.
2. Гонорея.
3. Малярия.
4. Стафилококковые инфекции.
5. ВИЧ/СПИД.
6. Пневмония.
7. Лептоспироз.
8. Чума.

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

**Задача 2.3.5.9. Нобелевский лауреат из России (5 баллов)**

Тема: ученые.

**Условие**

Этот человек был выдающимся российским ученым, биологом и иммунологом, чьи работы в области микробиологии и иммунологии принесли ему мировую известность и Нобелевскую премию. Одним из крупнейших его достижений стало открытие фагоцитоза — процесса, при котором определенные клетки, названные фагоцитами, поглощают и уничтожают патогенные микроорганизмы и клеточный мусор. Это открытие стало основой для понимания врожденного иммунитета и позволило значительно продвинуться в изучении защитных механизмов организма. Он предположил, что фагоциты играют ключевую роль в борьбе с инфекциями и воспалительными процессами, что было подтверждено последующими исследованиями.

Работая в Институте Пастера в Париже, ученый продолжал свои исследования в области иммунологии и микробиологии, развивая теорию фагоцитоза и изучая механизмы старения и долгожительства. Он считал, что старение является результатом хронической интоксикации организма токсинами, производимыми кишечными бактериями. Для борьбы с этим он предложил употребление кисломолочных продуктов, содержащих лактобактерии, что, по его мнению, могло бы способствовать улучшению здоровья и продлению жизни.

В 1908 году он был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине совместно с Паулем Эрлихом за их работы по иммунологии. Его исследования внесли неоценимый вклад в развитие медицинской науки и заложили основу для современных методов профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Ильич Мечников (1845–1916).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 4.

### 2.3.6. Третья волна. Задачи 10–11 класса

Задачи третьей волны предметного тура по биологии за 10–11 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63552/enter/>.

#### **Задача 2.3.6.1. Морские свинки (10 баллов)**

*Тема: генетика.*

##### **Условие**

В лаборатории генетики живут морские свинки Макс и Мира. Их первое потомство имело равномерно темный окрас, однако в пропорции 1 : 1 произошло распределение на гладкую и розеточную шерсть. При этом известно, что Мира имеет светлую гладкую шерстку. Каков генотип свинок с розеточной шерсткой в первом поколении, если темный оттенок и гладкая шерстка характерны для доминантных генов?

Гены, кодирующие доминантные признаки, обозначаются прописными буквами — *A*, *B*, аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки, обозначаются строчными буквами — *a*, *b*.

Для составления схем скрещивания воспользуйтесь решеткой Пеннета (таблица 2.3.9), где вдоль одной стороны расположены женские гаметы, а вдоль другой — мужские. Внутри таблицы размещают варианты генотипов, получаемых при скрещивании.

Таблица 2.3.9. Решетка Пеннета

♂				
♀				

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

1.  $AaBb$ ;
2.  $aaBB$ ;
3.  $Aabb$ ;
4.  $AABB$ .

### Решение

Темный оттенок и гладкая шерстка — доминантные гены, значит, обозначим их как  $A$  и  $B$ .

Мира имеет светлую гладкую шерстку, то есть  $aaBB$  или  $aaBb$ .

В первом поколении особи единообразны по окрасу, значит, у Макса темная шерстка и генотип  $AA$ . Тогда у всех особей первого поколения генотип  $Aa$  и темная шерстка.

Разделение на розеточную и гладкую шерсть в пропорции 1 : 1 говорит о том, что по второй аллели генотип Макса  $bb$ .

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.9):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.10

$M \times M$	$Ab$
$aB$	$AaBb$

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.11

$M \times M$	$Ab$	
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная

$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 3.

### **Задача 2.3.6.2. Клетки и процессы (12 баллов)**

Тема: микробиология.

#### **Условие**

Живые организмы обладают определенными признаками, отличающими их от объектов неживой природы: дыхания, роста, развития, движения и пр. Для роста и развития организмам необходимы питательные вещества. При этом известно, что все организмы делятся на различные группы по типу и способу получения энергии и питательных веществ.

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения. В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. Фотосинтез.  | А. Синтез органических веществ за счет энергии, выделяемой при окислении неорганических соединений.                |
| 2. Хемосинтез.  | В. Процесс, при котором световая энергия используется для синтеза органических молекул из углекислого газа и воды. |
| 3. Автотрофы.   | С. Организмы, получающие органические вещества из других живых существ.  |
| 4. Гетеротрофы. | Д. Организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических.   |

**Ответ:** 1 — В, 2 — А, 3 — С, 4 — Д.

### **Задача 2.3.6.3. Генетические изменения (15 баллов)**

Тема: генетика.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

Популяция является элементарной единицей эволюции, представляя собой совокупность организмов одного вида, обитающих на определенной территории и обладающих общим генофондом. Внутрипопуляционные процессы, такие как мутация, генетический дрейф, миграция и естественный отбор, играют ключевую роль в изменении частот **А. аллелей / Б. зигот / В. гетерозигот** в генофонде популяции, что ведет к эволюционным изменениям. Мутации вносят новые **А. генетические / Б. фенотипические / В. биохимические** вариации, тогда как **А. генетический дрейф / Б. направленный мутагенез / В. селекционный отбор** случайным образом изменяет частоты **А. аллелей / Б. зигот / В. гетерозигот**, особенно в **А. малочисленных / Б. многочисленных / В. нестабильных** популяциях. **А. Миграция / Б. вымирание / В. эволюция (или генетический поток)** обеспечивает обмен **А. генетическим / Б. химическим / продукционным** материалом между популяциями, а естественный отбор способствует **А. выживанию / Б. вымиранию / В. скрещиванию** и размножению организмов с оптимальными **А. фенотипами / Б. генотипами / В. генофондами**. Эволюционные изменения в популяциях могут приводить к **А. миграциям / Б. восстановлениям / В. адаптациям**, способствующим выживанию и размножению в конкретных экологических нишах.

### **Решение**

Популяция является элементарной единицей эволюции, представляя собой совокупность организмов одного вида, обитающих на определенной территории и обладающих общим генофондом. Внутрипопуляционные процессы, такие как мутация, генетический дрейф, миграция и естественный отбор, играют ключевую роль в изменении частот **аллелей / зигот / гетерозигот** в генофонде популяции, что ведет к эволюционным изменениям. Мутации вносят новые **генетические / фенотипические / биохимические** вариации, тогда как **генетический дрейф / направленный мутагенез / селекционный отбор** случайным образом изменяет частоты **аллелей / зигот / гетерозигот**, особенно в **малочисленных / многочисленных / нестабильных** популяциях. **Миграция / вымирание / эволюция (или генетический поток)** обеспечивает обмен **генетическим / химическим / продукционным** материалом между популяциями, а естественный отбор способствует **выживанию / вымиранию / скрещиванию** и размножению организмов с оптимальными **фенотипами / генотипами / генофондами**. Эволюционные изменения в популяциях могут приводить к **миграциям / восстановлениям / адаптациям**, способствующим выживанию и размножению в конкретных экологических нишах.

**Ответ:** ААААААААВ.

### **Задача 2.3.6.4. Расчет клеток (12 баллов)**

*Тема:* микробиология.

### **Условие**

Подсчитайте концентрацию клеток хлореллы в пробе из фотобиореактора, используя камеру Горяева. Для этого выполните следующие шаги:

1. разбавьте пробу из фотобиореактора физиологическим раствором в соотношении 1 : 50;
2. заполните камеру Горяева разбавленным раствором;
3. подсчитайте количество клеток хлореллы в 16 больших квадратах камеры Горяева;
4. рассчитайте концентрацию клеток хлореллы в 1 мл пробы.

Известно, что объем одного большого квадрата камеры Горяева составляет 0,004 мм<sup>3</sup>. В 16 больших квадратах насчитали 480 клеток хлореллы.

В ответ занесите концентрацию в клетках на 1 мл.

### **Решение**

Количество подсчитанных клеток ( $N$ ) = 480 клеток.

Разведение образца ( $D$ ) — в 50 раз.

Объем одного большого квадрата камеры Горяева ( $V$ ) = 0,004 мм<sup>3</sup>.

Количество подсчитанных больших квадратов ( $n$ ) = 16. Подставим эти значения в формулу:

$$C = \frac{480 \times 50}{0,004 \times 16} = 375\,000 \text{ клеток/мл.}$$

Таким образом, концентрация клеток хлореллы в 1 мл пробы составляет 375 000 клеток/мл.

**Ответ:** 375 000.

### **Задача 2.3.6.5. Висит на потолке (12 баллов)**

Тема: зоология.

#### **Условие**

Датская компания OnRobo представила захватное устройство Геско для промышленных роботов, которое использует силы Ван-дер-Ваальса для удержания плоских объектов.

Как правило, современные промышленные роботы для захвата плоских объектов применяют различные пневматические захватные устройства, однако такой подход требует наличия пневматической системы и компрессора, что усложняет и удорожает конструкцию робота. Кроме того, присоски могут повредить хрупкий объект или оставить следы на полированной поверхности.

Очевидно, название устройства созвучно со словом «геккон» по той причине, что такую систему удержания на поверхности обнаружили именно у гекконов. Многие животные обладают удивительной способностью удерживаться на вертикальных поверхностях, что позволяет им лазить по стенам, деревьям и даже потолкам. Какие механизмы помогают разным животным удерживаться на вертикальных поверхностях?

1. Использование острых когтей для сцепления с поверхностями, как у некоторых хищных животных.
2. Наличие на лапках микроскопических волосков, создающих силы Ван-дер-Ваальса.
3. Присасывание к поверхностям с помощью присосок, как у некоторых видов лягушек и осьминогов.
4. Использование электростатических сил для удержания на поверхностях.
5. Выделение клейких веществ, которые помогают прилипнуть к поверхностям, как у некоторых насекомых.
6. Использование аэродинамических сил для удержания на поверхности.
7. Изменение давления в конечностях для лучшего сцепления с поверхностью.

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### **Задача 2.3.6.6. Антибиотики (10 баллов)**

*Тема: микробиология.*

#### **Условие**

Еще в 2019 году экологи обнаружили в речной воде по всему миру антибиотики и другие лекарственные препараты. Самые высокие концентрации лекарственных веществ оказались в пакистанских реках — в реке Рави ученые обнаружили смесь из семи антибиотиков с суммарной концентрацией свыше три миллиграммов на литр.

В настоящее время все больше патогенных микроорганизмов вырабатывает устойчивость к антибиотикам. И это становится серьезной проблемой, так как для лечения некоторых патогенов уже не существует лекарственных препаратов. Бактерии заимствуют гены резистентности к антибиотикам из разных источников, в том числе у микроорганизмов из окружающей среды, например, населяющих почву или воду.

Сопоставьте антибиотики с их основными механизмами действия.

В ответ занесите цифру соответствующего наименования антибиотика в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. Пенициллин.     | А. Ингибирует синтез пептидогликана, что ослабляет клеточную стенку. |
| 2. Тетрациклин.    | В. Ингибирует синтез белка, блокируя движение рибосомы вдоль мРНК.   |
| 3. Ципрофлоксацин. | С. Нарушает синтез клеточной стенки бактерий.                        |
| 4. Эритромицин.    | Д. Ингибирует синтез белка, связываясь с рибосомой.                  |
| 5. Ванкомицин.     | Е. Блокирует ДНК-гиразу, нарушая репликацию ДНК.                     |

**Ответ:** 1 — С, 2 — D, 3 — E, 4 — B, 5 — A.



### Задача 2.3.6.7. Паразиты (12 баллов)

Тема: ботаника.

#### Условие

Ботаники в 2024 году обнаружили в джунглях Малайского полуострова новый вид тисмий — бесхлорофильных травянистых растений, которые паразитируют на грибах. Он получил название *Thismia malayana*.

К роду тисмий (*Thismia*) относятся около 100 видов микогетеротрофных растений, которые распространены в тропических и субтропических лесах Азии, Австралии с Океанией и Америки. Они утратили способность к фотосинтезу и всю необходимую энергию получают, паразитируя на грибнице. Из-за столь необычного образа жизни тисмий и сами стали больше похожими на грибы, чем на растения: у них нет хлорофилла, стебли короткие и неразветвленные, а листья редуцированы до чешуек. Большая часть жизненного цикла тисмий проходит под землей. Лишь на несколько недель в году они выпускают надземные побеги с мелкими причудливыми цветками, за форму которых эти растения иногда называют «волшебными фонариками».

Растения-паразиты обладают уникальными адаптациями, позволяющими им выживать и размножаться за счет других растений. Они получают питательные вещества и воду из своих хозяев с помощью специализированных структур.

Какие из перечисленных относятся к растениям-паразитам?

1. Омела белая: использует специальные структуры, называемые гаустория, для проникновения в ткани хозяина и извлечения питательных веществ.
2. Повилика: не содержит хлорофилла и полностью зависит от своего хозяина для получения необходимых питательных веществ.
3. Раффлезия: известна своими крупными цветами и паразитирует на корнях деревьев, используя их как источник воды и питательных веществ.
4. Ряска: растение, которое не может фотосинтезировать и зависит от других растений.
5. Заразиха: паразитирует на корнях бобовых растений, не имея способности к фотосинтезу.
6. Плющ обыкновенный: это паразит, который использует другие растения для опоры и фотосинтеза.

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### Задача 2.3.6.8. Аллергия (12 баллов)

Тема: физиология человека и животных.

#### Условие

В 2020 году американские врачи описали редкий случай анафилактического шока при аллергии на холод: их пациент, мужчина 34 лет, вышел из душа и упал в обморок, а его кожа покрылась сыпью. Мужчину с учащенным дыханием доставили

в отделение неотложной помощи: там ему ввели адреналин и антигистамин, а также провели стандартный тест на аллергию на холод, который оказался положительным.

Какие механизмы участвуют в развитии аллергической реакции у человека?

1. Выработка иммуноглобулина Е (IgE).
2. Дегрануляция тучных клеток.
3. Активация клеток иммунной памяти.
4. Активная выработка инсулина.
5. Образование терминального комплекса комплемента.
6. Выработка интерлейкина-4 (IL-4).
7. Гиперчувствительность замедленного типа.

**Ответ:** 1, 2, 3, 6.

### ***Задача 2.3.6.9. Нобелевский лауреат из России (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

Этот человек был выдающимся российским ученым, биологом и иммунологом, чьи работы в области микробиологии и иммунологии принесли ему мировую известность и Нобелевскую премию. Одним из крупнейших его достижений стало открытие фагоцитоза — процесса, при котором определенные клетки, названные фагоцитами, поглощают и уничтожают патогенные микроорганизмы и клеточный мусор. Это открытие стало основой для понимания врожденного иммунитета и позволило значительно продвинуться в изучении защитных механизмов организма. Он предположил, что фагоциты играют ключевую роль в борьбе с инфекциями и воспалительными процессами, что было подтверждено последующими исследованиями.

Работая в Институте Пастера в Париже, ученый продолжал свои исследования в области иммунологии и микробиологии, развивая теорию фагоцитоза и изучая механизмы старения и долгожительства. Он считал, что старение является результатом хронической интоксикации организма токсинами, производимыми кишечными бактериями. Для борьбы с этим он предложил употребление кисломолочных продуктов, содержащих лактобактерии, что, по его мнению, могло бы способствовать улучшению здоровья и продлению жизни.

В 1908 году он был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине совместно с Паулем Эрлихом за их работы по иммунологии. Его исследования внесли неоценимый вклад в развитие медицинской науки и заложили основу для современных методов профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Ильич Мечников (1845–1916).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Петр Петрович Ширшов (1905–1953).

**Ответ:** 4.

### 2.3.7. Четвертая волна. Задачи 8–9 класса

Задачи четвертой волны предметного тура по биологии за 8–9 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63557/enter/>.

#### Задача 2.3.7.1. Одноклеточные эукариоты (12 баллов)

Тема: микробиология.

##### Условие

В природной среде существуют одноклеточные живые организмы, обитающие буквально повсюду, за исключением воздуха. Они имеют сложную внутреннюю структуру и значительно отличаются друг от друга по строению.

Выберите элементы, характерные для амёбы:

1. псевдоподии;
2. цитоплазма;
3. паренхима;
4. ядро;
5. сократительная вакуоль;
6. флоэма;
7. кутикула;
8. ретикулум.

##### Решение

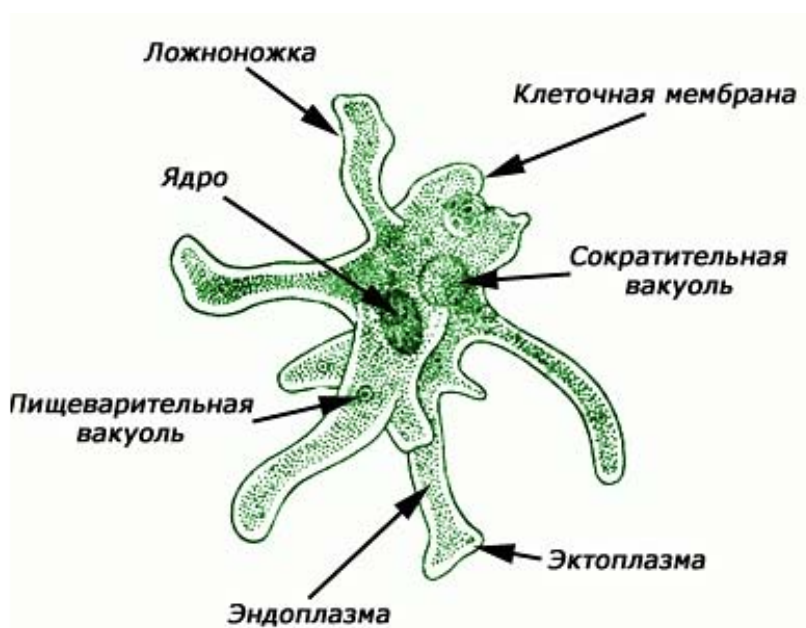


Рис. 2.3.2

Для строения амёбы характерны такие элементы, как псевдоподии, ядро, цитоплазма и сократительная вакуоль. По последним данным также у амёб встречается ретикулум.

**Ответ:** 1, 2, 4, 5, 8.

### **Задача 2.3.7.2. Кровяные тельца (12 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Школьник Иван увлекается ИТ и графическим дизайном. Его друг Денис долго не мог запомнить, чем отличаются друг от друга форменные элементы крови и каковы их функции. Для того чтобы помочь другу выучить материал, он решил создать интерактивное пособие с подробным описанием каждого элемента.

Помогите Ивану разобраться с материалами, которые нужно внести в пособие, сопоставив предложенные термины и их описания.

В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |                |   |
|----------------|---|
| 1. Эритроциты. | А. Участвуют в процессе свертывания крови.  |
| 2. Лейкоциты.  | В. Играют ключевую роль в адаптивном иммунитете, распознавая и уничтожая специфические патогены.  |
| 3. Тромбоциты. | С. Не имеют ядра и содержат гемоглобин.   |
| 4. Лимфоциты.  | Д. Являются частью иммунной системы и защищают организм от инфекций, причем могут быть подразделены на несколько типов с разными функциями. |

**Ответ:** 1 — С, 2 — D, 3 — А, 4 — В.

### **Задача 2.3.7.3. Физиология человека (20 баллов)**

Тема: физиология человека.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенных. В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

Физиология **А. нервной / Б. пищеварительной / В. опорной** системы человека включает сложный процесс **А. ферментативного гидролиза / Б. термического разложения / В. биосинтеза** питательных веществ, который начинается в **А. ротовой полости / Б. трахее / В. желудке** и продолжается в **А. трахее / Б. желудке / В. кишечнике**. Пищеварительные ферменты, или **А. коэнзимы / Б. энзимы / В. гормоны**, играют ключевую роль в этом процессе, **А. ингибируя / Б.**

катализируя / **В. иницируя** разложение сложных органических молекул до более **А. натуральных / Б. простых / В. активных** и усваиваемых форм.

В **А. ротовой полости / Б. трахее / В. желудке** активируется фермент **А. амилаза / Б. пепсин / В. трипсин**, производимый **А. щитовидными / Б. молочными / В. слюнными** железами, который начинает расщепление **А. белков / Б. углерода / В. полисахаридов**, таких как крахмал. В **А. ротовой полости / Б. трахее / В. желудке** основным пищеварительным ферментом является **А. амилаза / Б. пепсин / В. трипсин**, который синтезируется главными клетками желудка и активируется под действием **А. соляной кислоты / Б. серной кислоты / В. теплой воды**, секретируемой париетальными клетками. **А. Амилаза / Б. пепсин / В. трипсин** **А. ингибирует / Б. катализирует / В. иницирует** гидролиз пептидных связей в **А. белках / Б. углеводе / В. полисахаридах**, превращая их в более короткие полипептиды.

### **Решение**

Физиология нервной / **пищеварительной** / опорной системы человека включает сложный процесс **ферментативного гидролиза** / термического разложения / биосинтеза питательных веществ, который начинается в **ротовой полости** / трахее / желудке и продолжается в трахее / **желудке** / кишечнике. Пищеварительные ферменты, или коэнзимы / **энзимы** / гормоны, играют ключевую роль в этом процессе, ингибируя / **катализируя** / иницируя разложение сложных органических молекул до более натуральных / **простых** / активных и усваиваемых форм.

В **ротовой полости** / трахее / желудке активируется фермент **амилаза** / пепсин / трипсин, производимый щитовидными / молочными / **слюнными** железами, который начинает расщепление белков / углерода / **полисахаридов**, таких как крахмал. В ротовой полости / трахее / **желудке** основным пищеварительным ферментом является амилаза / **пепсин** / трипсин, который синтезируется главными клетками желудка и активируется под действием **соляной кислоты** / серной кислоты / теплой воды, секретируемой париетальными клетками. Амилаза / **пепсин** / трипсин ингибирует / **катализирует** / иницирует гидролиз пептидных связей в **белках** / углеводе / полисахаридах, превращая их в более короткие полипептиды.

**Ответ:** БААББББААВВВБАББА.

### **Задача 2.3.7.4. Цепи питания (11 баллов)**

*Темы: пищевые цепи, биология растений.*

#### **Условие**

В экосистеме озера обитают следующие организмы:

- фитопланктон (водоросли);
- зоопланктон (мелкие ракообразные, питается фитопланктоном);
- мелкая рыба (питается зоопланктоном);
- хищная рыба (питается мелкой рыбой);
- водные птицы (питаются хищной рыбой).

Вычислите, сколько килограммов зоопланктона необходимо для прироста биомассы чаек на 90 кг.

### Решение

Пользуясь правилом 10%, рассчитаем массу зоопланктона. Для этого конечную массу чаек разделим на 0,1, получив 10% прироста исходной биомассы на каждом уровне перехода в цепи питания.

$$\frac{90}{0,001} = 90\,000 \text{ кг.}$$

**Ответ:** 90 000.

### Задача 2.3.7.5. Борьба с паразитами (12 баллов)

Тема: зоология.

#### Условие

Наверняка вы слышали о кислородных коктейлях. Газированная кислородом вода позволяет легко справиться с аскаридами (*Ascaris lumbricoides*), если они живут в кишечнике, так как аскариды — анаэробы и при появлении в кишечнике кислорода — погибают. Легкий способ избавиться от паразита, не правда ли?

Птицам недоступны кислородные коктейли, но паразиты их окружают постоянно. Как они с ними справляются? Выберите верный ответ.

1. Попугаи норфолкские какарики (*Cyanoramphus cookii*) натирают свое оперение пережеванными побегами и кусочками коры дерева кауакауа — одного из видов перца. Эти вещества содержат компоненты, отпугивающие паразитов.
2. Самцы дроф (*Otis tarda*) в брачный период чаще обычного поедают растения, такие как мак-самосейка (*Papaver rhoeas*) и синяк подорожниковый, которые содержат алкалоиды, помогающие бороться с паразитами.
3. Рыжие воробьи (*Passer cinnamomeus*) приносят в свои гнезда свежие веточки полыни Верлютов, что помогает уменьшить количество паразитов благодаря содержащимся в полыни веществам.
4. Мексиканские чечевицы (*Carpodacus mexicanus*) используют в своих гнездах сигаретные окурки, поскольку никотин и другие химические вещества действуют как репелленты против паразитов.
5. Гималайские моналы натирают свои перья листьями женьшеня, что способствует защите от паразитов благодаря его иммуномодулирующим свойствам.
6. Белохвостые орлы вьют гнезда из веточек эвкалипта, чтобы отпугивать паразитов эфирными маслами, содержащимися в листьях.

**Ответ:** 1, 2, 3, 4.

### **Задача 2.3.7.6. Трисомия (12 баллов)**

Тема: генетика.

#### **Условие**

В растительном мире экологический успех разных видов часто обусловлен появлением полиплоидных форм — то есть когда количество хромосом увеличивается в кратное количество раз. В целом около 70% растений полиплоидны.

Для подавляющего большинства животных увеличение количества хромосом может приводить к различным аномалиям, к примеру, трисомии у человека — это генетические нарушения, при которых человек имеет три копии определенной хромосомы вместо нормальных двух. Трисомии являются результатом ошибок в делении клеток и могут затрагивать разные хромосомы.

Какие из следующих утверждений о трисомиях у человека верны?

1. Трисомия 21 вызывает синдром Дауна.
2. Трисомия 18 вызывает синдром Эдвардса.
3. Трисомия 13 вызывает синдром Патау.
4. Трисомия 22 вызывает синдром Клайнфельтера.
5. Трисомия 16 несовместима с жизнью и обычно приводит к спонтанному выкидышу.
6. Трисомии всегда приводят к тяжелым физическим и умственным нарушениям.
7. Трисомия 9 вызывает синдром Клайнфельтера.

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### **Задача 2.3.7.7. Заболевание бешенством (10 баллов)**

Тема: вирусология.

#### **Условие**

Начиная с 2021 года в ЮАР морские котика все чаще нападают на людей и кусают их. Оказалось, что в популяции этих ушастых тюленей распространилось бешенство. Это первая масштабная вспышка бешенства, зафиксированная среди ластиногих.

Бешенство — это смертельное вирусное заболевание, которое поражает центральную нервную систему животных и человека. Вирус бешенства передается через слюну зараженного животного, обычно через укусы. Несмотря на существование эффективных вакцин и профилактических мер, бешенство остается серьезной проблемой в некоторых регионах мира.

Выберите все верные характеристики вируса бешенства.

1. Бешенство передается человеку только через укусы зараженных животных.
2. Вирус бешенства поражает центральную нервную систему.
3. Существует эффективная вакцина против бешенства.

4. Инкубационный период бешенства может варьироваться от нескольких дней до нескольких лет.
5. Бешенство всегда приводит к смерти, если симптомы уже проявились и лечение не начато своевременно.
6. Бешенство можно излечить, если начать лечение через две недели после появления симптомов.
7. Вакцинация животных и людей помогает предотвратить распространение бешенства.

**Ответ:** 2, 3, 4, 5, 7.

### ***Задача 2.3.7.8. Диабет и похудение (8 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

Нашумевший препарат семаглутид от Novo Nordisk показал хорошие результаты в борьбе с сахарным диабетом второго типа, который характеризуется повышенным содержанием глюкозы в крови и нарушением взаимодействия инсулина с клетками — в этом случае глюкоза просто не может попасть в клетки из крови, и они остаются «голодными» несмотря на поступление пищи в организм. Семаглутид же не только повышает уровень инсулина в крови, но и повышает сродство клеток тканей к инсулину.

В 2017 году семаглутид одобрили и выпустили как антидиабетическое средство под торговой маркой «Оземпик», и шум вокруг препарата связан с тем, что он позволил потерять 15% массы за 20 недель клинических исследований, и теперь его практически невозможно найти в аптеках при стоимости около \$1 000 за месячный курс.

Выберите, с какими эффектами «Оземпика» связана потеря массы у исследуемых:

1. снижение аппетита из-за действия препарата на пищевые центры гипоталамуса;
2. снижение скорости миграции пищи из желудка в кишечник;
3. снижение уровня глюкозы в крови после приема пищи;
4. снижение чувствительности тканей к инсулину;
5. усиление метаболизма жиров, что приводит к их быстрому сжиганию в организме.

**Ответ:** 1, 2.

### ***Задача 2.3.7.9. Вакцина против чумы (5 баллов)***

*Тема: ученые.*



**Условие**

Этот человек был выдающимся микробиологом и эпидемиологом, внесшим значительный вклад в борьбу с инфекционными заболеваниями. Одним из наиболее значительных его достижений стала разработка первой эффективной вакцины против чумы.

В 1893 году он начал свою работу в Париже в Пастеровском институте, где под руководством Мечникова и Луи Пастера изучал микробиологию и иммунологию.

В 1896 году ученый был приглашен в Индию для борьбы с эпидемией чумы. Он создал и успешно испытал вакцину против чумы, что позволило спасти тысячи жизней. Его метод вакцинации получил широкое признание и стал важным инструментом в борьбе с эпидемиями.

Кроме того, он разработал вакцину против холеры, которую также испытал в условиях эпидемии в Индии. Эта вакцина оказалась эффективной и внесла значительный вклад в снижение смертности от этого опасного заболевания. Благодаря его усилиям, смертность от холеры и чумы существенно сократилась, что сделало его имя известным во всем мире.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Ильич Мечников (1845–1916).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Аркадий Аронович Хавкин (1860–1930).

**Ответ:** 6.

### **2.3.8. Четвертая волна. Задачи 10–11 класса**

Задачи четвертой волны предметного тура по биологии за 10–11 открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63553/enter/>.

#### **Задача 2.3.8.1. Морские свинки (10 баллов)**

*Тема: генетика.*

**Условие**

В лаборатории генетики живут морские свинки Макс и Мира. Их первое потомство имело равномерно темный окрас, однако в пропорции 1 : 1 произошло распределение на гладкую и розеточную шерсть. При этом известно, что Мира имеет светлую гладкую шерстку. Каков генотип свинок с гладкой шерсткой, полученных в первом поколении, если темный оттенок и гладкая шерстка характерны для доминантных генов?

Гены, кодирующие доминантные признаки, обозначаются прописными буквами —  $A$ ,  $B$ , аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки, обозначаются строчными буквами —  $a$ ,  $b$ .

Для составления схем скрещивания воспользуйтесь решеткой Пеннета (таблица 2.3.12), где вдоль одной стороны расположены женские гаметы, а вдоль другой — мужские. Внутри таблицы размещают варианты генотипов, получаемых при скрещивании.

Таблица 2.3.12. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

1.  $AaBb$ ;
2.  $aaBB$ ;
3.  $AAbb$ ;
4.  $AABB$ .

### Решение

Темный оттенок и гладкая шерстка — доминантные гены, значит, обозначим их как  $A$  и  $B$ .

Мира имеет светлую гладкую шерстку, то есть  $aaBB$  или  $aaBb$ .

В первом поколении особи единообразны по окрасу, значит, у Макса темная шерстка и генотип  $AA$ . Тогда у всех особей первого поколения генотип  $Aa$  и темная шерстка.

Разделение на розеточную и гладкую шерсть в пропорции  $1 : 1$  говорит о том, что по второй аллели генотип Макса  $bb$ .

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.12):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

$M \times M$	$Ab$
$aB$	$AaBb$

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.13

$M \times M$	$Ab$	
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная
$aB$	$AaBb$	Темная, гладкая
$ab$	$Aabb$	Темная, розеточная

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 1.

### **Задача 2.3.8.2. Термины (12 баллов)**

Тема: генетика.

#### **Условие**

Генетика — это наука, которая исследует основные принципы наследования и изменчивости живых организмов. Процессы сохранения и передачи признаков многообразны, и для их описания используется специфичная терминология.

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения.

В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. Аллель.    | А. Структура, состоящая из длинной молекулы ДНК и белков, содержащая генетическую информацию организма. |
| 2. Лocus.     | В. Генетическое состояние, характеризующееся наличием трех копий одной хромосомы вместо обычных двух.   |
| 3. Хромосома. | С. Различные формы одного и того же гена, находящиеся в одинаковых участках гомологичных хромосом.      |
| 4. Трисомия.  | Д. Конкретное местоположение гена или другого значимого участка на хромосоме.                           |

**Ответ:** 1 — С, 2 — D, 3 — А, 4 — В.

### **Задача 2.3.8.3. Взаимодействие (15 баллов)**

Тема: ботаника.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

В ответ занесите буквы выбранных терминов в порядке от начала текста к концу без пробелов и запятых, например, «АБВАБВАБВВ».

Водоросли — группа организмов, имеющих ряд специфичных признаков, наиболее общим из которых является наличие такого вещества, как **А. хлорофилл** / **Б. каротин** / **В. полимер** и фотоавтотрофного питания. У многоклеточных водорослей отсутствие четкой дифференцировки тела на органы и явно выраженной проводящей системы. Тело водоросли называют **А. слоевищем** / **Б. корневищем** / **В. эпиблемой** или талломом. Обитают водоросли чаще всего в **А. воздушной среде** / **Б. в водной среде** / **В. стерильной среде**, но встречаются и в почве, а также могут находиться **А. на различных поверхностях** / **Б. нижних поверхностях** / **В. боковых поверхностях** во влажных местах. Размеры водорослей колеблются от долей микрона до 30–50 **А. сантиметров** / **Б. миллиметров** / **В. метров**. Самыми крупными размерами может достигать **А. ламинария** / **Б. саргассум** / **В. хлорелла**. Таллом водорослей может быть одноклеточным, либо многоклеточным. Среди одноклеточных водорослей есть **А. симбионты** / **Б. колониальные формы** / **В. кораллы**, например, когда клетки отдельных водорослей обитают в общей **А. слизи** / **Б. луже** / **В. форме**.

### **Решение**

Водоросли — группа организмов, имеющих ряд специфичных признаков, наиболее общим из которых является наличие такого вещества, как **хлорофилл** / **каротин** / **полимер** и фотоавтотрофного питания. У многоклеточных водорослей отсутствие четкой дифференцировки тела на органы и явно выраженной проводящей системы. Тело водоросли называют **слоевищем** / **корневищем** / **эпиблемой** или талломом. Обитают водоросли чаще всего в **воздушной среде** / **водной среде** / **стерильной среде**, но встречаются и в почве, а также могут находиться на **различных поверхностях** / **нижних поверхностях** / **боковых поверхностях** во влажных местах. Размеры водорослей колеблются от долей микрона до 30–50 **сантиметров** / **миллиметров** / **метров**. Самыми крупными размерами может достигать **ламинария** / **саргассум** / **хлорелла**. Таллом водорослей может быть одноклеточным, либо многоклеточным. Среди одноклеточных водорослей есть **симбионты** / **колониальные формы** / **кораллы**, например, когда клетки отдельных водорослей обитают в общей **слизи** / **луже** / **форме**.

**Ответ:** ААБАВББА.

### **Задача 2.3.8.4. Расчет клеток (15 баллов)**

*Тема:* микробиология.

### **Условие**

Подсчитайте скорость роста микроорганизмов в чашке Петри. Для этого выполнены следующие шаги.

1. Микроорганизмы засеяны в чашку Петри и инкубированы при оптимальных условиях.

2. Измерена площадь колоний микроорганизмов через два, четыре и шесть часов.
3. Определите скорость роста колонии, используя данные измерений. Ответ дайте в квадратных миллиметрах в час ( $\text{мм}^2/\text{ч}$ ).

Исходные данные.

- Начальная площадь колониеобразующей единицы (клетки):  $S_0 = 1 \text{ мм}^2$ .
- Площадь колонии через четыре часа:  $S_4 = 16 \text{ мм}^2$ .
- Площадь колонии через шесть часов:  $S_6 = 64 \text{ мм}^2$ .

### **Решение**

Начальная площадь колонии  $S_0 = 1 \text{ мм}^2$ .

Конечная площадь колонии  $S_6 = 64 \text{ мм}^2$ .

Начальное время  $t_0 = 0 \text{ ч}$ .

Конечное время  $t_6 = 6 \text{ ч}$ .

Рассчитаем скорость роста колонии:

$$V = \frac{S_6 - S_0}{t_6 - t_0} = \frac{64 - 1}{6 - 0} = 10,5 \text{ мм}^2/\text{ч}.$$

Таким образом, средняя скорость роста колонии микроорганизмов составляет  $10,5 \text{ мм}^2/\text{ч}$ .

**Ответ:**  $10,5 \text{ мм}^2/\text{ч}$ .

### **Задача 2.3.8.5. Дифференцировка клеток (10 баллов)**

Тема: эмбриология.

#### **Условие**

В эмбриональном развитии происходит клеточная дифференцировка — это процесс, в результате которого эмбриональные стволовые клетки приобретают специализированные функции. Дифференцировка меняет функцию клетки, ее размер, форму и метаболическую активность. Дифференцированные клетки уже не могут вернуться назад к состоянию эмбриональных, но ученые смогли повернуть процесс дифференцировки вспять и создать из дифференцированных клеток стволовые.

В 2019 году сотрудники Осацкого университета впервые в мире провели пересадку человеку роговицы, основу которой составили потомки индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (ИПСК), а не биоматериал доноров. Результаты были опубликованы в журнале Nature.

Первым человеком-реципиентом такой роговицы стала гражданка Японии в возрасте около 40 лет. Она страдала от ретикулярной дисгенезии роговичного эпителия, то есть клетки эпителия не обновлялись должным образом и поэтому не могли обеспечить достаточную прозрачность роговицы.

Выберите, какие из следующих механизмов важны для клеточной дифференцировки?

1. Контроль экспрессии генов через активацию и подавление определенных генов.
2. Модификации ДНК, влияющая на доступность генов для транскрипции.
3. Системы передачи сигналов между клетками, которые определяют направление и тип дифференцировки.
4. Регуляция процесса деления клеток для создания большего количества клеток.
5. Коммуникация между клетками через прямой контакт и сигнальные молекулы.
6. Возбуждение нейронов для координации действий между клетками.
7. Контроль времени и места, где происходит дифференцировка клеток.

**Ответ:** 1, 2, 3, 5, 7.

### ***Задача 2.3.8.6. Части нервной системы (12 баллов)***

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

Поражения нервной системы стали лидерами среди причин нетрудоспособности во всем мире. Глобальное исследование бремени болезней показало, что группу из 37 заболеваний, поражающих нервную систему, можно признать ведущей в 2021 году. От этих заболеваний пострадали 3,4 млрд человек во всем мире, или 43,1% населения планеты. Результаты анализа опубликованы в The Lancet Neurology.

Ниже даны разные части нервной системы, их функции и характеристики, сопоставьте их.

В ответ занесите цифру соответствующего термина в порядке возрастания и соответствующую описанию букву в формате 1 — А, 2 — В, 3 — С.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Центральная нервная система (ЦНС).         | А. Регулирует произвольные функции организма, такие как сердцебиение и пищеварение.    |
| 2. Периферическая нервная система (ПНС).      | В. Отдел, ответственный за состояние покоя и восстановления.                           |
| 3. Соматическая нервная система.              | С. Состоит из головного и спинного мозга и обрабатывает информацию, поступающую извне. |
| 4. Автономная нервная система (вегетативная). | Д. Контролирует произвольные движения и передачу сенсорной информации.                 |
| 5. Симпатическая нервная система.             | Е. Включает нервы, связывающие ЦНС с остальной частью тела.                            |
| 6. Парасимпатическая нервная система.         | Ф. Отдел, активирующий реакцию «бей или беги».   |

**Ответ:** 1 — С, 2 — Е, 3 — D, 4 — А, 5 — F, 6 — В.

### **Задача 2.3.8.7. Пищеварение (12 баллов)**

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

В 2016 году в Nature вышла статья о том, что элементарные операции по измельчению и отбиванию сырого мяса и грубой растительной пищи делают их легко усваиваемыми. Соответственно, приготовление пищи позволило нашим предкам обходиться небольшими зубами и челюстями, уменьшенной пищеварительной системой, при этом получая из пищи больше питательных веществ. Это привело к глубоким изменениям нашей анатомии, развитию речевого аппарата и головного мозга.

Тем не менее пищеварение — это сложный процесс, включающий как физическое, так и химическое преобразование пищи для усвоения питательных веществ организмом.

Какие процессы играют ключевую роль в пищеварении?

1. Гидролиз макромолекул: расщепление сложных молекул, таких как белки, углеводы и жиры, на более простые компоненты при участии специальных ферментов и воды.
2. Денатурация белков: процесс изменения структуры белков под действием кислоты в желудке, что делает их более доступными для ферментативного расщепления.
3. Фосфорилирование глюкозы: присоединение фосфатной группы к глюкозе в клетках для активации процессов гликолиза.
4. Эмульгация жиров: действие желчных кислот, которые разбивают жиры на мелкие капли, что увеличивает их доступность для липаз.
5. Биосинтез аминокислот: синтез аминокислот из простых молекул в процессе анаболизма.
6. Секретция соляной кислоты: выделение кислоты в желудке для поддержания кислотной среды, необходимой для активации пепсина.

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

### **Задача 2.3.8.8. Альцгеймер и Паркинсон (12 баллов)**

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

Крупное 17-летнее исследование с участием 62 млн пожилых людей, проведенное в США, показало, что жизнь в районе с большим количеством зелени в пожилом возрасте связана с меньшим числом первых госпитализаций по поводу болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера и связанных с ней деменций. Результаты работы опубликованы в JAMA Network Open в 2022 году.

Какие факторы могут способствовать развитию нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона?

1. Накопление бета-амилоидных бляшек в мозге.
2. Дефицит дофамина в базальных ганглиях.
3. Высокий уровень физической активности.
4. Генетическая предрасположенность.
5. Сниженный уровень гормона роста.
6. Длительное воздействие стресса.
7. Накопление меланина в коже.

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

### ***Задача 2.3.8.9. Вакцина против чумы (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

#### ***Условие***

Этот человек был выдающимся микробиологом и эпидемиологом, внесшим значительный вклад в борьбу с инфекционными заболеваниями. Одним из наиболее значительных его достижений стала разработка первой эффективной вакцины против чумы. В 1893 году он начал свою работу в Париже в Пастеровском институте, где под руководством Мечникова и Луи Пастера изучал микробиологию и иммунологию. В 1896 году ученый был приглашен в Индию для борьбы с эпидемией чумы. Он создал и успешно испытал вакцину против чумы, что позволило спасти тысячи жизней. Его метод вакцинации получил широкое признание и стал важным инструментом в борьбе с эпидемиями. Кроме того, он разработал вакцину против холеры, которую также испытал в условиях эпидемии в Индии. Эта вакцина оказалась эффективной и внесла значительный вклад в снижение смертности от этого опасного заболевания. Благодаря его усилиям, смертность от холеры и чумы существенно сократилась, что сделало его имя известным во всем мире.

1. Алексей Николаевич Бах (1857–1946).
2. Юрий Анатольевич Овчинников (1934–1988).
3. Александр Георгиевич Лорх (1889–1960).
4. Илья Ильич Мечников (1845–1916).
5. Александр Николаевич Северцов (1866–1936).
6. Владимир Аронович Хавкин (1860–1930).

**Ответ:** 6.



## 2.4. Инженерный тур

Задачи первого этапа инженерного тура открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/66933/enter/>.

### **Задача 2.4.1. Определить тип переменной в результате деления (5 баллов)**

Темы: Python, типы переменных, алгебраические операции.

#### **Условие**

Какой тип переменной будет получен в результате деления числа 3 на число 1,5 в среде программирования Python?

1. Целое число.
2. Дробное число.
3. Предложенная операция завершится с ошибкой.
4. Текстовая переменная.

#### **Решение**

```
1 print(type(3 / 1.5))
```

Ответ: 2.

### **Задача 2.4.2. Определить тип переменной в результате умножения (5 баллов)**

Темы: Python, типы переменных, алгебраические операции.

#### **Условие**

Какой тип переменной будет получен в результате умножения числа 3 на слово «кокос» в среде программирования Python?

1. Целое число.
2. Дробное число.
3. Предложенная операция завершится с ошибкой.
4. Текстовая переменная.

**Решение**

```
1 print(type(3 * "хокос"))
```

**Ответ:** 4.

**Задача 2.4.3. Определить тип переменной в результате деления «еще раз» (5 баллов)**

*Темы: Python, типы переменных, алгебраические операции.*

**Условие**

Какой тип переменной будет получен в результате деления фразы «еще раз» на число 2 в среде программирования Python?

1. Целое число.
2. Дробное число.
3. Предложенная операция завершится с ошибкой.
4. Текстовая переменная.

**Решение**

```
1 print(type("еще раз" / 2))
```

**Ответ:** 3.

**Задача 2.4.4. Немного о Python (5 баллов)**

*Темы: Python, языки программирования.*

**Условие**

Что означает слово «высокоуровневый» в определении «высокоуровневый объектно-ориентированный язык программирования»?

1. Программирование идет на высоком уровне сознания.
2. Другие языки находятся на менее высоких уровнях социальной лестницы.
3. Команды и функции языка находятся достаточно далеко от машинных команд процессора.
4. Команды и функции языка непосредственно управляют процессором.

**Ответ:** 3.

### **Задача 2.4.5. Еще немного о Python (5 баллов)**

Темы: Python, языки программирования.

#### **Условие**

Что означает слово «объектно-ориентированный» в определении «высокоуровневый объектно-ориентированный язык программирования»?

1. Любая сущность в языке — это объект.
2. В языке осуществляется манипулирование объектами.
3. В языке нет ничего, кроме объектов.
4. Все перечисленное верно.

**Ответ:** 4.

### **Задача 2.4.6. Немного о числах (8 баллов)**

Темы: числа, компьютер, системы счисления.

#### **Условие**

Для записи чисел используют различные системы счисления. Чаще всего применяют позиционные системы счисления, где значение числа зависит в том числе от позиции знака в числе (разряда). Один знак при этом может отображать различное количество чисел: например, в двоичной системе при помощи одного знака можно записать два числа — 0 и 1, в десятичной системе при помощи одного знака можно записать десять чисел — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Если мы будем использовать для записи числа два знака, то количество возможных чисел в таком случае сильно возрастает. Количество чисел, которые можно записать в данной системе счисления при помощи одного знака, называют «основанием» системы счисления.

Какое минимальное основание позиционной системы счисления необходимо применить, чтобы отобразить все возможные значения одного байта при помощи двух разрядов?

#### **Решение**

$$x^2 = 256;$$

$$x = \sqrt[2]{256}.$$

**Ответ:** 16.

### **Задача 2.4.7. Алгоритмы (8 баллов)**

Темы: числа, компьютер.

**Условие**

Сгенерируйте числовую последовательность от 0 до 101, не включая 0 и 101, с шагом 1. Найдите остаток от деления суммы всех чисел, кратных 3 и 7, на сумму всех чисел, кратных 5.

**Решение****Python**

```
1 s = range(1, 101)
2 sum37 = sum([i for i in s if i%3==0 or i%7==0])
3 sum5 = sum([i for i in s if i%5==0])
4 print(sum37 % sum5)
```

**Ответ:** 108.

**Задача 2.4.8. Алгоритмы (8 баллов)**

Темы: числа, компьютер.

**Условие**

Сгенерируйте числовую последовательность от 0 до 102, включая 0 и не включая 102, с шагом 2. Найдите отношение среднеквадратичного отклонения к среднему арифметическому значению ряда.

Среднеквадратичное отклонение считайте как корень квадратный из дисперсии. Дисперсию считайте как сумму квадратов разностей каждого значения со средним арифметическим, деленную на общее количество элементов минус один.

Ответ округлите до трех знаков после запятой по арифметическому правилу.

**Решение****Python**

```
1 import math
2 s = range(0, 102, 2)
3 mean = sum(s) / len(s)
4 disp = sum([(i-mean)**2 for i in s]) / (len(s)-1)
5 std = math.sqrt(disp)
6 print('%.3f' % (std / mean))
```

**Ответ:** 0,595.

**Задача 2.4.9. Транзисторы мозга (5 баллов)**

Тема: физиология нервной системы.

**Условие**

Если транзистор — это элементарный функциональный элемент процессора, то что является элементарным функциональным элементом нервной системы?

1. Нейрон.
2. Синапс.
3. Ганглий.
4. Дендрит.
5. Аксон.

**Ответ:** 2.

**Задача 2.4.10. Отделы мозга (6 баллов)**

Тема: отделы нервной системы.

**Условие**

В центральной нервной системе располагается?

1. Хвостатое ядро.
2. Солнечное сплетение.
3. Паравертебральная цепочка ганглиев.
4. Продолговатый мозг.

**Ответ:** 1, 4.

**Задача 2.4.11. В чем особенность нейронов? (5 баллов)**

Тема: клетки нервной системы.

**Условие**

Наиболее характерными чертами нейронов является:

1. наличие отростков и способность принимать и передавать сигналы,
2. наличие отростков,
3. способность принимать сигналы,
4. наличие ядра.

**Ответ:** 1.

**Задача 2.4.12. Помощники нейронов (5 баллов)**

Тема: клетки нервной системы.

**Условие**

Нейронам помогает работать:

1. нейроглия,
2. мышцы,
3. кости,
4. натрий.

**Ответ:** 1.

**Задача 2.4.13. Рефлексы (6 баллов)**

Тема: рефлексы.

**Условие**

Если рефлекс имеется у живого организма сразу после рождения и не требует для формирования какого-то дополнительного обучения (например, коленный рефлекс), то это:

1. условный рефлекс,
2. безусловный рефлекс,
3. абсолютный рефлекс,
4. базовый рефлекс.

**Ответ:** 2.

**Задача 2.4.14. Физиология мышц (8 баллов)**

Тема: рефлексы.

**Условие**

Мышцы состоят из большого количества мышечных клеток, в которых находятся мышечные волокна — миофибриллы. В каждой клетке имеется достаточно большое количество миофибрилл. В итоге мышца состоит из большого количества последовательно и параллельно работающих миофибрил.

Если несколько (например, пять) миофибрилл соединены параллельно, одна за другой, то итоговая сила сокращения этих пяти миофибрилл будет равна:

1. средней силе всех миофибрилл,
2. силе слабейшей миофибриллы,
3. силе сильнейшей миофибриллы,
4. сумме сил всех миофибрилл.

**Ответ:** 4.

**Задача 2.4.15. Взаимодействие нервных центров (8 баллов)**

Тема: рефлексы.

**Условие**

Человек пилит бревно при помощи ручной пилы. Он держит пилу в правой руке, и эта его рука движется сначала вперед, потом назад. Таким образом он постепенно перепиливает бревно.

У человека с хорошо развитым навыком такого распиливания бревна мы скорее всего будем видеть очень хорошую межмышечную координацию: когда человек тянет пилу на себя, его бицепс напряжен, а трицепс — расслаблен, и наоборот — при движении от себя его бицепс расслаблен, а трицепс напряжен. Таким образом он работает эффективнее — меньше устает при том же количестве распиленных бревен. В некоторых случаях мы можем даже видеть изменение тонуса этих мышц — когда мышца расслаблена, ее тонус снижается, а когда работает — повышается.

Как можно описать такое снижение тонуса мышц-антагонистов плеча (бицепса и трицепса)? Выберите все правильные ответы.

1. Ипсилатеральное торможение.
2. Контралатеральное торможение.
3. Гомолатеральное торможение.
4. Гетеролатеральное торможение.
5. Запредельное торможение.

**Ответ:** 1, 3.

## 3. Второй отборочный этап

### 3.1. Работа наставника НТО на этапе

На втором отборочном этапе НТО участникам предстоит решать как индивидуальные, так и командные задачи в рамках выбранного профиля. Подготовка к этому этапу требует от них не только глубокого понимания предметной области, но и умения работать в команде, эффективно распределять роли и применять полученные знания на практике. Наставник играет здесь важную роль — он помогает участникам выстроить осмысленную и целенаправленную траекторию подготовки.

Вот основные направления, в которых наставник может поддержать участника:

- **Подготовка по образовательным программам НТО.** Наставник может готовить участников, используя готовые образовательные программы по технологическим направлениям, рекомендованные организаторами, а также адаптировать их под уровень подготовки школьников.
- **Разбор заданий прошлых лет.** Изучение задач второго отборочного этапа прошлых лет помогает участникам понять формат заданий, определить типовые ошибки и выработать стратегии решения.
- **Онлайн-курсы.** Участники могут пройти курсы по разбору задач прошлых лет или курсы, рекомендованные разработчиками отдельных профилей. Наставник может включить эти курсы в план подготовки, а также сопровождать процесс изучения и помогать с возникшими вопросами.
- **Анализ материалов профиля.** Совместный разбор методических материалов, размещенных на страницах профилей, помогает уточнить требования к участникам и направить подготовку на ключевые темы.
- **Практикумы.** Это важный элемент подготовки, позволяющий применять знания на практике. Наставник может:
  - ◇ организовать практикумы по методическим материалам с сайта профиля;
  - ◇ декомпозировать задачи заключительного этапа прошлых лет на отдельные элементы и проработать их с участниками;
  - ◇ провести анализ требуемых профессиональных компетенций и спланировать занятия для развития наиболее значимых из них;
  - ◇ направить участников на практикумы и мероприятия от организаторов, которые анонсируются в официальных сообществах НТО, например, в телеграм-канале для наставников: [https://t.me/kruzhok\\_association](https://t.me/kruzhok_association).
- **Командная работа.** Одной из ключевых задач наставника на втором этапе является помощь в формировании команды или в поиске подходящей. Наставник может помочь участникам определить их сильные стороны, выбрать роль в команде и сориентироваться в процессе командообразования, включая участие в бирже команд в рамках конкретного профиля.



### ***Если участники не прошли отборочный этап***

Случается, что несмотря на усилия и серьезную подготовку, участники не проходят во второй или заключительный этап Олимпиады. В такой ситуации особенно важна поддержка наставника.

- **Поддержка и признание усилий.** Наставнику важно подчеркнуть ценность пройденного пути: полученные знания, навыки, преодоленные трудности и личностный рост. Это помогает участникам сохранить мотивацию и не воспринимать результат как окончательное поражение.
- **Рефлексия.** Полезно организовать встречу для обсуждения впечатления от участия, трудности, с которыми столкнулись школьники и то, что они узнали о себе и команде. Наставник может направить разговор в конструктивное русло: какие выводы можно сделать? Что сработало хорошо? Что можно улучшить?
- **Анализ ошибок и пробелов.** Наставник вместе с участниками анализирует, какие темы вызвали наибольшие затруднения, чего не хватило в подготовке — теоретических знаний, практических навыков, командного взаимодействия. Это позволяет выстроить более эффективную стратегию на будущее.
- **Планирование дальнейшего пути.** Участникам можно предложить:
  - ◇ продолжить углубленное изучение профиля или смежных направлений;
  - ◇ заняться проектной деятельностью, которая укрепит знания и навыки;
  - ◇ сформировать план по подготовке к следующему циклу НТО, начиная с работы над типовыми заданиями и курсами.
- **Создание устойчивой мотивации.** Важно показать школьникам, что участие в НТО — это не просто соревнование, а часть большого образовательного маршрута. Даже неудачный результат может стать толчком к профессиональному росту, если воспринимать его как точку развития, а не как конец пути.

Таким образом, наставник помогает участникам не только готовиться к этапам НТО, но и справляться с неудачами, выстраивать долгосрочную стратегию и сохранять интерес к инженерному и технологическому творчеству.

## 3.2. Инженерный тур

Задачи второго отборочного этапа профиля Нейротехнологии и когнитивные науки относятся к ряду физиологических и технических тем. В плане физиологии они посвящены основам регистрации ЭЭГ, а также основам нервной и гуморальной регуляции функционирования организма — ключевым механизмам и наблюдаемым феноменам.

Задачи по программированию фокусируются на основных инструментах, которые используются для анализа различных биосигналов. От самых простых — загрузка и сортировка данных — до сложных методов, применяемых в интерфейсах мозг-компьютер.

Значительное внимание уделено комплексному подходу. Так, для эффективного решения задач на машинное обучение, необходимо хорошее понимание особенностей предложенных данных. Такое понимание позволит выполнить эффективную предобработку данных для построения точных и надежных моделей.

### 3.2.1. Индивидуальные задачи

Индивидуальные задачи второго этапа инженерного тура открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест:

- 1 блок: <https://contest.yandex.ru/contest/69901/enter/>.
- 2 блок: <https://contest.yandex.ru/contest/70132/enter/>.

#### *Задачи по физиологии*

##### **Задача 3.2.1.1. Сердечная деятельность и ЖКТ (10 баллов)**

*Тема: знание базовых механизмов работы ЦНС и ВНС.*

#### **Условие**

Людам с нарушениями ритма сердца врачи часто рекомендуют воздержаться от употребления жареной, острой или слишком соленой пищи. Очевидно, что эта рекомендация исходит из того, что употребление такой пищи может негативно сказаться на регуляции ритма сердца. С работой каких элементов нервной системы связана эта рекомендация в наибольшей степени?

- A. Первая пара черепно-мозговых нервов.
- B. Вторая пара черепно-мозговых нервов.
- C. Третья пара черепно-мозговых нервов.
- D. Четвертая пара черепно-мозговых нервов.
- E. Пятая пара черепно-мозговых нервов.
- F. Шестая пара черепно-мозговых нервов.

- G. Седьмая пара черепно-мозговых нервов.
- H. Восьмая пара черепно-мозговых нервов.
- I. Девятая пара черепно-мозговых нервов.
- J. 10-я пара черепно-мозговых нервов.
- K. 11-я пара черепно-мозговых нервов.
- L. 12-я пара черепно-мозговых нервов.
- M. Интрамуральные ганглии желудочно-кишечного тракта.
- N. Крестцовое нервное сплетение.

**Ответ:** J.

### ***Задача 3.2.1.2. Питание клеток и электрофизиология (8 баллов)***

*Тема: знание базовых принципов функционирования возбудимых тканей.*

#### ***Условие***

Как будет меняться возбудимость мембраны нейрона или мышцы при ишемии — недостаточном количестве АТФ в клетке — для удовлетворения всех энергетических нужд?

- A. Возбудимость мембраны увеличится.
- B. Возбудимость мембраны уменьшится.
- C. Возбудимость мембраны не изменится.

**Ответ:** A.

### ***Задача 3.2.1.3. Центральные механизмы непроизвольного внимания (8 баллов)***

*Тема: знание принципов нервной регуляции ориентировочных рефлексов.*

#### ***Условие***

Если у участников Олимпиады есть младшие братья или сестры (например, до трех лет), то, наверное, они замечали, насколько сильно их внимание захватывает телевизионная реклама или мультфильмы, в которых постоянно кто-то за кем-то гоняется или на экране совершается очень много движений. Их буквально не оторвать от этих видео!

С работой каких нервных структур в наибольшей степени связано такое сильное привлечение и удержание внимания совсем маленького человека мельтешащими видео?

- A. Ядра 10-й пары черепно-мозговых нервов.
- B. Ядра пятой пары черепно-мозговых нервов.
- C. Паравертебральная цепочка ганглиев.
- D. Верхние холмы четверохолмия среднего мозга.

- Е. Нижние холмы четверохолмия среднего мозга.
- Ф. Гиппокамп.
- Г. Хвостатое ядро.
- Н. Миндалины.

**Ответ:** Д.

### ***Задача 3.2.1.4. Немного об интуиции (12 баллов)***

*Тема: знание базовых нервных принципов регуляции поведения.*

#### ***Условие***

Было проведено психологическое исследование. Среди прочего применяли методику В. В. Бойко «Диагностика уровня эмпатии» и обнаружили, что у ряда испытуемых выявились заметно более высокие значения по интуитивному каналу эмпатии согласно методике Бойко.

Какой компонент состояния человека будет у этой группы более выражен, чем у остальных испытуемых?

- А. Тревога.
- В. Агрессия.
- С. Грусть.
- Д. Тоска.
- Е. Радость.
- Ф. Нейтральность.

**Ответ:** А.

### ***Задача 3.2.1.5. Психофизиология восстановительных процессов (12 баллов)***

*Тема: знание принципов гуморальной регуляции организма.*

#### ***Условие***

Два боксера приблизительно равных сил победили друг друга на ринге. Одному из них в итоге засчитали победу — он стал чемпионом (назовем этого боксера — А), а другому не засчитали победу — он проиграл (назовем этого боксера — Б). Боксер А — радостен, он достиг желанной цели. Боксер Б — в печали и грусти, он очень хотел достичь победы, но не смог.

Сопоставьте характерные изменения в их организмах после матча в сравнении друг с другом. Что будет более характерно для каждого из них?

1. Повышенное артериальное давление.
2. Повышенное выделение кортикостероидов.
3. Уменьшение кровоснабжения желудочно-кишечного тракта.

4. Повышенное выделение факторов воспаления.
5. Увеличение активности слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта.
6. Уменьшение активности иммунной системы.
7. Увеличение активности иммунной системы.
8. Усиление анаболических процессов в организме.
9. Хороший сон.
10. Плохой сон.

**Ответ:** А — 6, 8, 9, 10; Б — 1, 2, 3, 4, 7, 11.

### ***Задачи по программированию***

#### ***Задача 3.2.1.6. Разряды и байты (5 баллов)***

*Тема: системы счисления.*

##### ***Условие***

Какое максимальное число разрядов числа в шестнадцатеричной системе счисления можно изобразить при помощи одного байта?

Формат ответа — вписать число.

**Ответ:** 2.

#### ***Задача 3.2.1.7. Потенциал P300 у одного человека (10 баллов)***

*Тема: машинное обучение.*

##### ***Условие***

В задаче предлагается построить классификатор для различения целевых и нецелевых эпох, содержащих потенциал P300. Эпохи собраны на одном человеке в ходе его работы с интерфейсом мозг-компьютер на волне P300.

##### ***Описание формата данных***

Оцифровка — 250 Гц, фильтрация 0,05–32 Гц. Набор каналов: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Длительность эпохи — 1 с (от начала подсветки соответствующего элемента или набора элементов).

Один сэмпл тренировочных данных состоит из 1 500 значений — шесть каналов (перечислены выше) по 250 точек (1 с на частоте оцифровки 250 Гц) в каждом. В тренировочных данных дополнительно содержится метки типа эпохи — 0 или 1.

В случае данного датасета:

- 0 — вызванные потенциалы на подсветки нецелевых элементов в ИМК на P300;

- 1 — вызванные потенциалы на подсветки целевых элементов в ИМК на P300.

Скачайте тренировочные данные. Обучите на них модель для различения целевых и нецелевых эпох. Протестируйте модель на тестовых данных. В качестве ответа загрузите текстовый файл с последовательностью 0 и 1, соответствующих типу эпох в тестовом файле. Пример файла с ответом можно найти ниже.

Тренировочные данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_simple\\_train.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_simple_train.csv).

Тестовые данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_simple\\_test.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_simple_test.csv).

Пример файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_answers\\_example.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_answers_example.csv).

Будьте внимательны и всегда проверяйте соответствие формата файла с ответом примеру: одна строка с 0 и 1.

### **Критерии оценивания**

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - coef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $coef$  — доля совпадений 0 и 1 решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 10.0 будет выставлено 10, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

### **Формат входных данных**

Текстовый файл.

### **Формат выходных данных**

Текстовый файл или текстовая строка.

### **Примеры**

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

### **Решение**

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из

библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

#### Python

```
1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("data_simple_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("data_simple_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("\n".join([str(i) for i in answer]))
```

### Задача 3.2.1.8. Потенциал Р300 у двух человек (11 баллов)

Тема: машинное обучение.

#### Условие

В задаче предлагается построить классификатор для различения целевых и нецелевых эпох, содержащих потенциал Р300. Эпохи собраны на двух людях, работавших с интерфейсом мозг-компьютер на волне Р300.

#### Описание формата данных

Оцифровка — 250 Гц, фильтрация 0,05–32 Гц. Набор каналов: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Длительность эпохи — 1 с (от начала подсветки соответствующего элемента или набора элементов).

Один сэмпл тренировочных данных состоит из 1 500 значений — шесть каналов (перечислены выше) по 250 точек (1 с на частоте оцифровки 250 Гц) в каждом. В тренировочных данных дополнительно содержится метки типа эпохи — 0 или 1.

В случае данного датасета:

- 0 — вызванные потенциалы на подсветки нецелевых элементов в ИМК на Р300;
- 1 — вызванные потенциалы на подсветки целевых элементов в ИМК на Р300.

Скачайте тренировочные данные. Обучите на них модель для различения целевых и нецелевых эпох. Протестируйте модель на тестовых данных. В качестве ответа загрузите текстовый файл с последовательностью 0 и 1, соответствующих типу эпох в тестовом файле. Пример файла с ответом можно найти ниже.

Тренировочные данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_real\\_train.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_real_train.csv).

Тестовые данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_real\\_test.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_real_test.csv).

Пример файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_answers\\_example.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_answers_example.csv).

Будьте внимательны и всегда проверяйте соответствие формата файла с ответом примеру: одна строка с 0 и 1.

### **Критерии оценивания**

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - coef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $coef$  — доля совпадений 0 и 1 решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 11.0 будет выставлено 11, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

### **Формат входных данных**

Текстовый файл.

### **Формат выходных данных**

Текстовый файл или текстовая строка.

### **Примеры**

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

### **Решение**

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.



Ниже представлено решение на языке Python.

#### Python

```
1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("data_real_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("data_real_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("\n".join([str(i) for i in answer]))
```

### Задача 3.2.1.9. Целевые ВП у двух человек (12 баллов)

Тема: машинное обучение.

#### Условие

В задаче предлагается построить классификатор для различения двух людей по виду их целевых эпох, когда каждый из этих двух людей работал с интерфейсом мозг-компьютер на волне P300.

#### Описание формата данных

Оцифровка — 250 Гц, фильтрация 0,05–32 Гц. Набор каналов: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Длительность эпохи — 1 с (от начала подсветки соответствующего элемента или набора элементов).

Один сэмпл тренировочных данных состоит из 1 500 значений — шесть каналов (перечислены выше) по 250 точек (1 с на частоте оцифровки 250 Гц) в каждом. В тренировочных данных дополнительно содержится метки типа эпохи — 0 или 1.

В случае данного датасета:

- 0 — вызванные потенциалы на подсветки целевых элементов в ИМК на P300 нулевого человека;
- 1 — вызванные потенциалы на подсветки целевых элементов в ИМК на P300 первого человека.

Скачайте тренировочные данные. Обучите на них модель для различения целевых и нецелевых эпох. Протестируйте модель на тестовых данных. В качестве ответа загрузите текстовый файл с последовательностью 0 и 1, соответствующих типу эпох в тестовом файле. Пример файла с ответом можно найти ниже.

Тренировочные данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_target\\_sb\\_j\\_comparison\\_train.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_target_sb_j_comparison_train.csv).

Тестовые данные: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_target\\_sb\\_j\\_comparison\\_test.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_target_sb_j_comparison_test.csv).

Пример файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_data\\_answers\\_example.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_data_answers_example.csv).

Будьте внимательны и всегда проверяйте соответствие формата файла с ответом примеру: одна строка с 0 и 1.

### **Критерии оценивания**

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - koeff) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $koeff$  — доля совпадений 0 и 1 решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 12.0 будет выставлено 12, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

### **Формат входных данных**

Текстовый файл.

### **Формат выходных данных**

Текстовый файл или текстовая строка.

### **Примеры**

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

### **Решение**

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

## Python

```

1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("target_sbj_comparison_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("target_sbj_comparison_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("\n".join([str(i) for i in answer]))

```

**Задача 3.2.1.10. Нецелевые ВП у двух человек (12 баллов)**

Тема: машинное обучение.

**Условие**

В задаче предлагается построить классификатор для различения двух людей по виду их нецелевых эпох, когда каждый из этих двух людей работал с интерфейсом мозг-компьютер на волне P300.

**Описание формата данных**

Оцифровка — 250 Гц, фильтрация 0,05–32 Гц. Набор каналов: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Длительность эпохи — 1 с (от начала подсветки соответствующего элемента или набора элементов).

Один сэмпл тренировочных данных состоит из 1 500 значений — шесть каналов (перечислены выше) по 250 точек (1 с на частоте оцифровки 250 Гц) в каждом. В тренировочных данных дополнительно содержится метки типа эпохи — 0 или 1.

В случае данного датасета:

- 0 — вызванные потенциалы на подсветки нецелевых элементов в ИМК на P300 нулевого человека;
- 1 — вызванные потенциалы на подсветки нецелевых элементов в ИМК на P300 первого человека.

Скачайте тренировочные данные. Обучите на них модель для различения целевых и нецелевых эпох. Протестируйте модель на тестовых данных. В качестве ответа загрузите текстовый файл с последовательностью 0 и 1, соответствующих типу эпох в тестовом файле. Пример файла с ответом можно найти ниже.

Тренировочные данные: [https://disk.yandex.ru/d/vnjcJ0QT8-5JPw/2024\\_nontarget\\_sbj\\_comparison\\_train.csv](https://disk.yandex.ru/d/vnjcJ0QT8-5JPw/2024_nontarget_sbj_comparison_train.csv).

Тестовые данные: [https://disk.yandex.ru/d/QDXD-jRCaQqzvQ/2024\\_nontarget\\_sbj\\_comparison\\_test.csv](https://disk.yandex.ru/d/QDXD-jRCaQqzvQ/2024_nontarget_sbj_comparison_test.csv).

Пример файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/9ar9Jv4JwS6TFQ/2024\\_data\\_answers\\_example.csv](https://disk.yandex.ru/d/9ar9Jv4JwS6TFQ/2024_data_answers_example.csv).

Будьте внимательны и всегда проверяйте соответствие формата файла с ответом примеру: одна строка с 0 и 1.

### **Критерии оценивания**

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - koef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $koef$  — доля совпадений 0 и 1 решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 12.0 будет выставлено 12, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

### **Формат входных данных**

Текстовый файл.

### **Формат выходных данных**

Текстовый файл или текстовая строка.

### **Примеры**

#### *Пример №1*

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

### **Тесты**

[https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024\\_nontarget\\_sbj\\_comparison\\_test.csv](https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/2024_nontarget_sbj_comparison_test.csv).

### **Решение**

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

### Python

```

1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("nontarget_sbj_comparison_train.csv",
    ↪ sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("nontarget_sbj_comparison_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("".join([str(i) for i in answer]))

```

## 3.2.2. Командные задачи

Командные задачи второго этапа инженерного тура открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/69923/enter/>.

### Задача 3.2.2.1. Немного о motor imagery (5 баллов)

Тема: разновидности интерфейсов мозг-компьютер.

#### Условие

Прочитайте статью одного из пионеров того, что сейчас называют motor imagery: <https://disk.yandex.ru/d/UNKa2JBy5aGzow/j.jphysparis.2006.03.012.pdf>.

Постарайтесь получше вникнуть в тему. Итак, что же такое motor imagery?

- A. Представление движения в воображении.
- B. Представление моторов.
- C. Моторное представление.
- D. Воображение мотора в уме.

**Ответ:** A.

### Задача 3.2.2.2. Motor imagery и структуры мозга (12 баллов)

Тема: физиология ЦНС.

#### Условие

Какие структуры мозга в наибольшей степени вовлечены в конструирование образа движения?

- A. Моторная кора.
- B. Соматосенсорная кора.
- C. Мозжечок.
- D. Островковая кора.
- E. Премоторная кора.
- F. Поясная извилина.
- G. Затылочная кора.
- H. Височная кора.

**Ответ:** A, B, C, E.

### ***Задача 3.2.2.3. Motor imagery и практика (8 баллов)***

*Тема: физиология ЦНС в профессиональной деятельности.*

#### ***Условие***

В каких областях деятельности чаще всего и в явном виде применяют motor imagery?

- A. Постинсультная реабилитация.
- B. Спорт.
- C. Музыка.
- D. Клининг-сервис.
- E. Мерчандайзинг.
- F. Брейнвошинг.

**Ответ:** A, B, C.

### ***Задача 3.2.2.4. Motor imagery и феномены ЭЭГ (10 баллов)***

*Тема: электрофизиологические методы исследования физиологии ЦНС.*

#### ***Условие***

Какой ЭЭГ-феномен развивается при кинестетическом воображении движений?

- A. Подавление мю-ритма в прецентральной извилине.
- B. Подавление мю-ритма в постцентральной извилине.
- C. Подавление мю-ритма в пре- и постцентральной извилинах.
- D. Усиление мю-ритма в прецентральной извилине.
- E. Усиление мю-ритма в постцентральной извилине.
- F. Усиление мю-ритма в пре- и постцентральной извилинах.

**Ответ:** C.

### Задача 3.2.2.5. Motor imagery ML 1 (15 баллов)

Тема: машинное обучение.

#### Условие

Было проведено исследование, во время которого испытуемых просили по сигналу нажимать одну или другую кнопку. Одна из кнопок (ближняя) располагалась на расстоянии примерно 10 см от руки испытуемого, вторая кнопка (дальняя) — на расстоянии около 40 см. Сначала загоралась одна из этих кнопок — это означало, что нужно будет нажать по сигналу именно эту кнопку. Сигналом к тому, что нужно нажать кнопку, было зажигание одновременно обеих кнопок. Кроме этого, в одних случаях испытуемый реально совершал указанное действие, а в других — представлял, что он его совершает. Экспериментатор заранее сообщал испытуемому, что ему следует выполнить реальное движение до соответствующей кнопки или же нужно представлять движение до соответствующей кнопки. Совершали движение и представляли движение испытуемые только правой рукой.

Попробуйте построить классификатор для различения ЭЭГ-данных, собранных на одном из испытуемых в ходе реального действия для достижения близко расположенной кнопки и представления соответствующего движения.

#### Описание формата данных

В **тренировочном наборе** данных представлены фрагменты записи ЭЭГ. Набор каналов указан в первой строке файла. Отдельные эпохи находятся в **столбцах** таблицы. В столбце `time` указаны миллисекунды относительно момента подачи сигнала к действию/представлению (момент зажигания двух кнопок). В столбце `condition` указан тип соответствующей эпохи.

**Тестовый набор** данных устроен аналогичным образом, за исключением того, что в них отсутствует столбец `condition`.

Задача — отнести эпохи из тестового набора данных к одному или другому типу `condition` из тренировочных данных. Один тип примите за 0, другой — за 1. Какой конкретно тип `condition` будет принят за 0 и за 1 — неважно, на оценку качества решения это не повлияет.

Архив с тренировочными и тестовыми данными: [https://disk.yandex.ru/d/5A9IJ-\\_utskNJQ](https://disk.yandex.ru/d/5A9IJ-_utskNJQ).

В качестве ответа загрузите файл с 0 и 1, соответствующими типу эпохи. Пример оформления файла с ответом: <https://disk.yandex.ru/d/u8ztHNalwlyCgw>.

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - coef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $coef$  — доля совпадений 0 и 1 вашего решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 15.0 будет выставлено 15, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

## Формат входных данных

Текстовый файл.

## Формат выходных данных

Текстовый файл или текстовая строка.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

## Тесты

Тестовый и тренировочный наборы данных: [https://disk.yandex.ru/d/5A9IJ-\\_utskNJQ](https://disk.yandex.ru/d/5A9IJ-_utskNJQ).

## Решение

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки **pandas**, инициализируется классификатор из библиотеки **scikit-learn**, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

### Python

```
1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("data_simple_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("data_simple_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("\n".join([str(i) for i in answer]))
```



### Задача 3.2.2.6. Motor imagery ML 2 (15 баллов)

Тема: машинное обучение.

#### Условие

Было проведено исследование, во время которого испытуемых просили по сигналу нажимать одну или другую кнопку. Одна из кнопок (ближняя) располагалась на расстоянии примерно 10 см от руки испытуемого, вторая кнопка (дальняя) — на расстоянии около 40 см. Сначала загоралась одна из этих кнопок — это означало, что нужно будет нажать по сигналу именно эту кнопку. Сигналом к тому, что нужно нажать кнопку, было зажигание одновременно обеих кнопок. Кроме этого, в одних случаях испытуемый реально совершал указанное действие, а в других — представлял, что он его совершает. Экспериментатор заранее сообщал испытуемому, что ему следует выполнить реальное движение до соответствующей кнопки или же нужно представлять движение до соответствующей кнопки. Совершали движение и представляли движение испытуемые только правой рукой.

Попробуйте построить классификатор для различения ЭЭГ-данных, собранных на одном из испытуемых в ходе реального действия для достижения близко расположенной кнопки и реального действия к далеко расположенной кнопке.

#### Описание формата данных

В **тренировочном наборе** данных представлены фрагменты записи ЭЭГ. Набор каналов указан в первой строке файла. Отдельные эпохи находятся в **столбцах** таблицы. В столбце `time` указаны миллисекунды относительно момента подачи сигнала к действию/представлению (момент зажигания двух кнопок). В столбце `condition` указан тип соответствующей эпохи.

**Тестовый набор** данных устроен аналогичным образом, за исключением того, что в них отсутствует столбец `condition`.

Задача — отнести эпохи из тестового набора данных к одному или другому типу `condition` из тренировочных данных. Один тип примите за 0, другой — за 1. Какой конкретно тип `condition` будет принят за 0 и за 1 — неважно, на оценку качества решения это не повлияет.

Архив с тренировочными и тестовыми данными: <https://disk.yandex.ru/d/t2-A4w0r65-zNQ>.

В качестве ответа загрузите файл с 0 и 1, соответствующими типу эпохи. Пример оформления файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/7qO\\_HtYfvNSVAQ](https://disk.yandex.ru/d/7qO_HtYfvNSVAQ).

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - coef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $coef$  — доля совпадений 0 и 1 вашего решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 15.0 будет выставлено 15, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

**Формат входных данных**

Текстовый файл.

**Формат выходных данных**

Текстовый файл или текстовая строка.

**Примеры***Пример №1*

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

**Решение**

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

**Python**

```

1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("data_simple_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("data_simple_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write("\n".join([str(i) for i in answer]))

```

**Задача 3.2.2.7. Motor imagery ML 3 (15 баллов)**

Тема: машинное обучение.

## Условие

Было проведено исследование, во время которого испытуемых просили по сигналу нажимать одну или другую кнопку. Одна из кнопок (ближняя) располагалась на расстоянии примерно 10 см от руки испытуемого, вторая кнопка (дальняя) — на расстоянии около 40 см. Сначала загоралась одна из этих кнопок — это означало, что нужно будет нажать по сигналу именно эту кнопку. Сигналом к тому, что нужно нажать кнопку, было зажигание одновременно обеих кнопок. Кроме этого, в одних случаях испытуемый реально совершал указанное действие, а в других — представлял, что он его совершает. Экспериментатор заранее сообщал испытуемому, что ему следует выполнить реальное движение до соответствующей кнопки или же нужно представлять движение до соответствующей кнопки. Совершали движение и представляли движение испытуемые только правой рукой.

Попробуйте построить классификатор для различения ЭЭГ-данных, собранных на одном из испытуемых в ходе представления движения к близко расположенной кнопке и представления движения к далеко расположенной кнопке.

## Описание формата данных

В **тренировочном наборе** данных представлены фрагменты записи ЭЭГ. Набор каналов указан в первой строке файла. Отдельные эпохи находятся в **столбцах** таблицы. В столбце `time` указаны миллисекунды относительно момента подачи сигнала к действию/представлению (момент зажигания двух кнопок). В столбце `condition` указан тип соответствующей эпохи.

**Тестовый набор** данных устроен аналогичным образом, за исключением того, что в них отсутствует столбец `condition`.

Задача — отнести эпохи из тестового набора данных к одному или другому типу `condition` из тренировочных данных. Один тип примите за 0, другой — за 1. Какой конкретно тип `condition` будет принят за 0 и за 1 — неважно, на оценку качества решения это не повлияет.

Архив с тренировочными и тестовыми данными: <https://disk.yandex.ru/d/6KOhWNVmUaBY7g>.

В качестве ответа загрузите файл с 0 и 1, соответствующими типу эпохи. Пример оформления файла с ответом: [https://disk.yandex.ru/d/7qO\\_HtYfvHSVAQ](https://disk.yandex.ru/d/7qO_HtYfvHSVAQ).

Итоговый балл вычисляется по формуле  $maxScore \cdot x \cdot abs(0,5 - coef) \cdot x \cdot 2$ , где  $maxScore$  — максимальный балл за задачу,  $coef$  — доля совпадений 0 и 1 вашего решения с правильным. Полученное значение округляется до двух знаков после запятой. Незначащие нули в конце отбрасываются: вместо 15.0 будет выставлено 15, а вместо 0.40 будет выставлено 0.4.

## Формат входных данных

Текстовый файл.

## Формат выходных данных

Текстовый файл или текстовая строка.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
-6.66536886925696;-2.406938758342791;-1.8514913525713779;0 3.189641186174216;6.379282372348432;5.441152611708956;1
Стандартный вывод
01

## Решение

Необходимо на тренировочных данных построить модель для эффективного разделения эпох, указанных в крайнем правом столбце. Для этого данные загружаются стандартными средствами библиотеки `pandas`, инициализируется классификатор из библиотеки `scikit-learn`, после чего классификатор обучается при помощи тренировочных данных.

После обучения классификатора ему на вход передаются эпохи из тестового набора данных. Полученные в результате метки эпох (0 или 1) передаются в качестве ответа. Метки передаются в виде последовательности нулей и единиц.

Ниже представлено решение на языке Python.

### Python

```

1 import pandas as pd
2 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
3
4 train_data = pd.read_csv("data_simple_train.csv", sep=";")
5 test_data = pd.read_csv("data_simple_test.csv", sep=";")
6 clf = LogisticRegression()
7 clf.fit(train_data.values[:, :-1], train_data.values[:, -1])
8 answer = clf.predict(test_data.values)
9
10 with open('ans.txt', 'w') as f:
11     f.write(" ".join([str(i) for i in answer]))

```

## 4. Заключительный этап

### 4.1. Работа наставника НТО при подготовке к этапу

На этапе подготовки к заключительному этапу НТО наставник решает две важные задачи: помощь участникам в подготовке к предстоящим соревнованиям и формирование устойчивой и слаженной команды. Заключительный этап требует высокой слаженности, уверенности и глубоких знаний, и наставник становится тем, кто объединяет усилия участников и направляет их в нужное русло.

Наставник помогает участникам:

- разобрать задания прошлых лет, используя официальные сборники, чтобы понять структуру финальных испытаний, типы задач и ожидаемый уровень сложности;
- изучить организационные особенности заключительного этапа, включая формат проведения, регламент, продолжительность и технические нюансы;
- спланировать подготовку — на основе даты начала финала составляется четкий график занятий, в котором распределены темы, практикумы и командные тренировки;
- обратиться (при необходимости) за консультацией к разработчикам заданий по профилю, уточнить, на какие аспекты подготовки следует обратить особое внимание, и получить дополнительные материалы.

Также рекомендуется участие в мероприятиях от организаторов, таких как:

- установочные вебинары и открытые разборы задач;
- хакатоны, практикумы и мастер-классы для финалистов;
- встречи в онлайн-формате, информация о которых публикуется в группе НТО во «ВКонтакте» и в телеграм-чатах профилей.

Наставнику необходимо уделить внимание работе на формировании устойчивой, продуктивной и мотивированной команды:

- **Сплочение команды.** Это особенно актуально, если участники живут в разных городах. Регулярные онлайн-встречи, совместная работа над задачами и неформальное общение помогают наладить доверие и улучшить командную динамику.
- **Анализ ролей.** Наставник вместе с командой определяет, кто за что отвечает, какие задачи входят в зону ответственности каждого участника. Также обсуждаются возможности взаимозаменяемости на случай непредвиденных ситуаций.
- **Оценка компетенций.** Важно определить, какими знаниями и навыками уже обладают участники, а какие необходимо развить. На основе этого формируется индивидуальный и командный план подготовки.
- **Участие в подготовительных мероприятиях от разработчиков профилей.**

---

Перед заключительным этапом проводятся установочные вебинары, разборы задач прошлых лет, практикумы, мастер-классы для финалистов. Информация о таких мероприятиях публикуется в группе НТО в VK и в чатах профилей в Telegram.

- **Практика в формате хакатонов.** Наставник может организовать дистанционные хакатоны или практикумы с использованием заданий прошлых лет и методических рекомендаций из официальных сборников.

Таким образом, наставник становится координатором и моральной опорой команды, помогая пройти заключительный этап НТО с максимальной уверенностью и результатом.

## 4.2. Предметный тур

Задачи третьего этапа предметного тура профиля по информатике открыты для решения. Участие в соревновании доступно на платформе Яндекс.Контеcт: <https://contest.yandex.ru/contest/72669/enter/>.

### 4.2.1. Информатика. 8–11 классы

#### ***Задача 4.2.1.1. Тренировка многоборца (10 баллов)***

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

#### ***Условие***

В качестве тренировки один спортсмен по многоборью дважды проводит забег-заезд из пункта  $A$  в пункт  $C$ .

В первый раз он пробегает часть этой дистанции от пункта  $A$  до некоторого промежуточного пункта  $B$  на маршруте бегом, в пункте  $B$  садится на велосипед и проезжает оставшуюся часть пути до пункта  $C$  на нем. В итоге он тратит на это  $X$  часов.

В следующий раз он, наоборот, из пункта  $A$  до пункта  $B$  проезжает на велосипеде, а из пункта  $B$  до пункта  $C$  бежит бегом. В этот раз он тратит на весь маршрут  $Y$  часов.

Требуется узнать, за какое время он может пробежать всю дистанцию от  $A$  до  $C$ , если его скорость на велосипеде в  $k$  раз выше скорости его бега. Можно считать, что скорость его бега и скорость его езды на велосипеде всегда постоянные.

#### ***Формат входных данных***

В одной строке через пробел заданы три целых числа  $X$ ,  $Y$  и  $k$  — время первого прохождения маршрута, время второго прохождения маршрута и величина, показывающая, во сколько раз быстрее он передвигается на велосипеде, чем бегом.  $1 \leq X, Y, k \leq 1\,000$ .

#### ***Формат выходных данных***

Вывести одно число — время, за которое спортсмен пробежит весь маршрут от  $A$  до  $C$ .

Тесты, на которых будет проверяться ваше решение, сгенерированы таким образом, что ответ всегда является целым числом.

### Примеры

#### Пример №1

Стандартный ввод
3 5 3
Стандартный вывод
6

### Примечания

В примере из условия для объяснения теста приведем полное рассуждение с построением расстояний  $AB$  и  $BC$ , хотя эти расстояния находить не обязательно. Дано, что в первый раз спортсмен затратил три часа, а во второй — пять часов, при этом на велосипеде он едет в три раза быстрее, чем бежит бегом.

После некоторых рассуждений можно получить, что если взять длину  $AB$  равной 15 км, длину  $BC$  равной 45 км, скорость бега равной 10 км/ч, а скорость на велосипеде равной 30 км/ч, то получим требуемые результаты:  $\frac{15}{10} + \frac{45}{30} = 3$ ,  $\frac{15}{30} + \frac{45}{10} = 5$ . Общее расстояние  $AB$  равно  $15 + 45$  и равно 60 км. Тогда спортсмен, имея скорость бега равную 10 км/ч, пробежит 60 км за шесть часов.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  using namespace std;
3  signed main()
4  {
5      int x, y, k;
6      cin >> x >> y >> k;
7      int v = (x + y) / (k + 1);
8      int b = x + y - v;
9      cout << b << endl;
10 }
```

### Задача 4.2.1.2. Пространственная решетка (15 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод или input.txt.

Имя выходного файла: стандартный вывод или output.txt.



**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

### **Условие**

После открытия так называемых точек сингулярности пространства и формирования теории пространственной решетки всей Вселенной пришла пора практического освоения космоса. Если кратко, то у каждой точки сингулярности  $A$  есть своя уникальная характеристика  $P(A)$  — натуральное число от 1 до  $10^{12}$ . Между некоторыми точками есть силовые линии, вдоль которых возможно движение со сверхсветовыми скоростями. Из одной точки  $A$  можно попасть таким образом в другую точку  $B$ , если характеристика  $P(A)$  получается из  $P(B)$  либо делением на простое число, либо умножением на простое число. Независимо от размеров характеристик, движение вдоль одной такой линии занимает одинаковое время, называемое константой Дио-гена. По этой причине все космические межзвездные перелеты измеряются этими константами.

Предлагаемая задача входит в базовый курс звездной навигации, изучаемой курсантами на первом цикле. Даны две точки сингулярности  $A$  и  $B$ , причем  $P(A)$  делит  $P(B)$ . Необходимо перечислить все точки сингулярности, которые находятся на кратчайших путях из  $A$  в  $B$ .

### **Формат входных данных**

Заданы два натуральных числа  $P(A)$  и  $P(B)$  — характеристики точек  $A$  и  $B$ . Гарантируется, что  $P(B)$  нацело делится на  $P(A)$ . Обе характеристики находятся в пределах от 1 до  $10^{12}$ .

### **Формат выходных данных**

В первой строке вывести количество искомых точек. Во второй строке вывести через пробел в порядке возрастания все характеристики точек сингулярности, которые находятся на всех кратчайших расстояниях из точки  $A$  в точку  $B$ .

### **Примеры**

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
6 120
<b>Стандартный вывод</b>
6
6 12 24 30 60 120

## Примечания

Приведем несколько примеров кратчайших путей из точки 6 в точку 120 (точки представлены своими характеристиками):

6 – 12 – 24 – 120;

6 – 30 – 60 – 120;

6 – 12 – 60 – 120.

Можно видеть, что других чисел, кроме представленных в ответе на этих и других кратчайших путях из 6 в 120, также нет.

## Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define sz(a) (int)a.size()
3  #define int long long
4  using namespace std;
5  signed main(){
6      int a, b;
7      cin >> a >> b;
8      int c = b / a;
9      set<int> S;
10     for(int i = 1; i * i <= c; i++){
11         if(c % i == 0){
12             S.insert(i);
13             S.insert(c / i);
14         }
15     }
16     cout << sz(S) << endl;
17     for(auto el : S){
18         cout << el * a << ' ';
19     }
20     cout << endl;
21 }
```

## Задача 4.2.1.3. Ключ и замок (20 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод или input.txt.

Имя выходного файла: стандартный вывод или output.txt.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 64 Мбайт.

## Условие

Замок представляет собой конструкцию размера  $h$  единиц в высоту и  $n$  единиц в длину. Внутри замка содержатся  $n$  вертикальных цилиндров, каждый имеет

ширину 1 и высоту  $a_i$ . Эти цилиндры расположены внутри замка в порядке неубывания, то есть  $a_{i-1} \geq a_i$  для всех  $i$  от 2 до  $n$ . Все  $a_i$  строго меньше высоты замка  $h$ . Цилиндры внутри замка закреплены неподвижно.

Ключ представляет собой также объект длиной  $n$  единиц и состоит из  $n$  прямоугольников, каждый имеет ширину 1 и высоту  $b_i$ . В ключе, наоборот, высоты прямоугольников не возрастают, то есть  $b_{i-1} \leq b_i$  для всех  $i$  от 2 до  $n$ . Все  $b_i$  также строго меньше высоты замка  $h$ .

Ключ и замок не обязательно подходят друг к другу. Ключ пытаются вставить как можно дальше в замок и фиксируют длину, на которую это получится сделать. Изначально самый маленький (допустим, левый) прямоугольник ключа находится на позиции  $(n + 1)$ , и все остальные его прямоугольники — на последующих еще больших позициях. Далее, до тех пор пока можно сдвинуть ключ на одну позицию левее, ключ сдвигают. В какой-то момент либо прямоугольники ключа и цилиндры замка начинают мешать дальнейшему движению, либо ключ вставляется до конца. В этот момент процесс прекращается и измеряется количество позиций, на которые был сдвинут ключ влево. Это и является ответом.

Для понимания условия рассмотрим первый тест. Схематичное его изображение приведено на рис.4.2.1. Замок обозначен серым, ключ — желтым. Можно видеть, что ключ можно вставить внутрь замка на 13 позиций, после чего прямоугольник ключа высотой 4 упрется в цилиндр замка высотой 7, и дальнейшее движение влево станет невозможным.

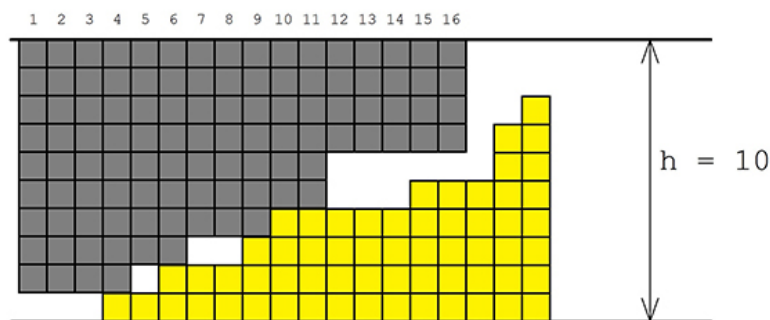


Рис. 4.2.1

### Формат входных данных

В первой строке содержится два числа  $n$  и  $h$  через пробел — длина замка и ключа и высота замка,  $1 \leq n, h \leq 3 \cdot 10^5$ .

Во второй строке находится набор чисел  $a_i$  через пробел — высоты цилиндров замка в порядке их расположения внутри замка.  $a_{i-1} \geq a_i$  для всех  $i$  от 2 до  $n$ ,  $1 \leq a_i < h$ .

В третьей строке находится набор чисел  $b_i$  через пробел — высоты прямоугольников ключа в порядке их расположения внутри ключа.  $b_{i-1} \leq b_i$  для всех  $i$  от 2 до  $n$ ,  $1 \leq b_i < h$ .

## Формат выходных данных

Вывести одно число — наибольшее число позиций, на которое можно вставить ключ внутрь замка.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
16 10 9 9 9 9 8 8 7 7 7 6 6 4 4 4 4 4 1 1 2 2 2 3 4 4 4 4 4 5 5 5 7 8
Стандартный вывод
13

### Пример №2

Стандартный ввод
16 10 9 9 9 9 8 8 7 7 7 6 6 4 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
Стандартный вывод
16

### Пример №3

Стандартный ввод
16 10 9 9 9 9 8 8 7 7 7 6 6 4 4 4 4 4 7 7 7 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9
Стандартный вывод
0

## Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define for0(i, n) for(int i = 0; i < n; i++)
3  #define int long long
4  using namespace std;
5  typedef vector<int> vi;
6  const int INF = 1e18;
```

```

7  signed main(){
8      int n, h;
9      cin >> n >> h;
10     vi a(n), b(n);
11     for0(i, n){
12         cin >> a[i];
13     }
14     for0(i, n){
15         cin >> b[i];
16     }
17     int tb = 0;
18     int mx = -INF;
19     for0(i, n){
20         while(tb < n && b[tb] + a[i] <= h){
21             tb++;
22         }
23         mx = max(mx, i + n - tb + 1);
24     }
25     cout << 2 * n - mx << endl;
26 }

```

#### Задача 4.2.1.4. Фрактальная федерация (25 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или `input.txt`.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или `output.txt`.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 64 Мбайт.

##### Условие

Фрактальная федерация имеет форму клетчатого прямоугольника. При ее основании было выбрано натуральное число  $z$ , большее 1, и основание  $k$ , большее 0. Далее на местности выделили клетчатый прямоугольник  $z^k \times z^{k-1}$ .

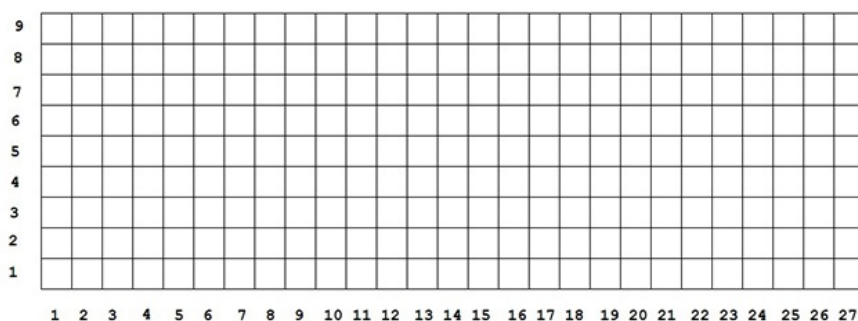


Рис. 4.2.2

На рис. 4.2.2 приведен пример для  $z = 3$  и  $k = 3$ , то есть федерация в этом примере имеет вид прямоугольника  $27 \times 9$ .

Далее, если  $k > 1$ , федерацию разделили на  $z^2$  федеральных территорий. Каждая такая территория подобна исходной федерации и имеет также форму прямоуголь-

ника, но размера  $z^{k-1} \times z^{k-2}$ . Федеральные территории расположены в один ряд, границы между ними имеют уровень  $k - 1$ .

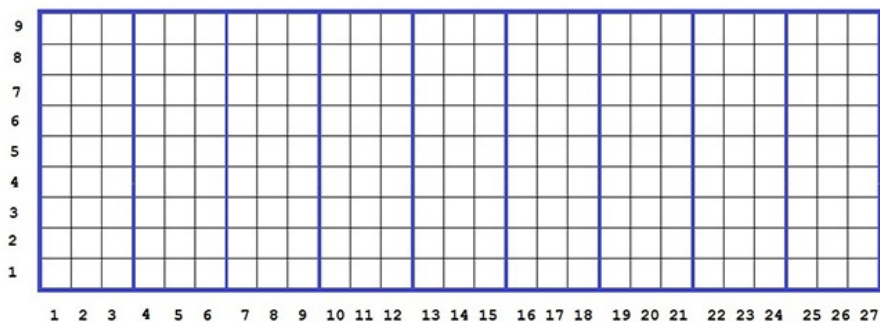


Рис. 4.2.3

9 синих прямоугольников обозначают 9 федеральных территорий  $9 \times 3$  каждая, границы между ними имеют уровень 2 (рис. 4.2.3).

Далее, если  $k > 2$ , каждую федеральную территорию снова разделили на  $z^2$  регионов. Каждый такой регион снова подобен исходной федерации и имеет также форму прямоугольника, но размера  $z^{k-2} \times z^{k-3}$ . Регионы снова расположены внутри федеральных территорий в один ряд, границы между ними имеют уровень  $k - 2$  (рис. 4.2.4).

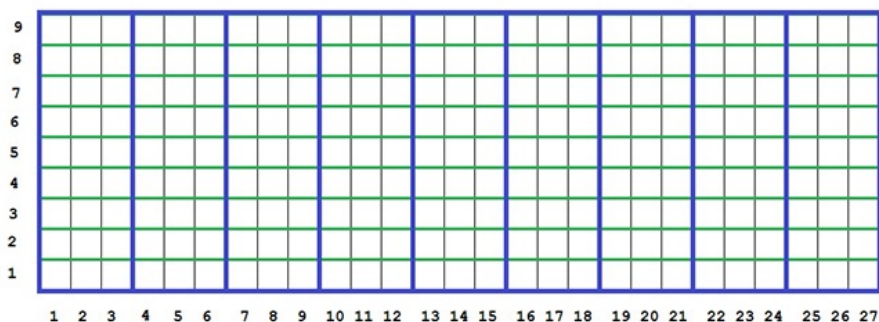


Рис. 4.2.4

Внутри каждой из 9 федеральных территорий зеленым выделены по 9 регионов  $3 \times 1$ . Зеленые границы имеют уровень 1.

Такое фрактальное деление производилось, и границы соответствующего уровня проводились и далее до тех пор, пока очередная область разбиения не стала иметь размеры  $z \times 1$ . На этом этапе решено было остановиться. Оставшиеся никак не затронутыми границы между единичными клетками получили уровень 0.

Клетки, из которых состоит федерация, пронумеровали от 1 до  $z^k$  по первой координате и от 1 до  $z^{k-1}$  по второй координате. Внутри федерации можно перемещаться из клетки в любую соседнюю с ней по стороне. При этом если между этими клетками проходит граница уровня  $t$ , то за это перемещение требуется заплатить  $z^t$  единиц.

На территории федерации находится  $n$  городов, каждый занимает ровно одну клетку. По заданным координатам этих городов требуется составить матрицу минимальных стоимостей для перемещения между двумя любыми городами. Более точно,

на пересечении строки номер  $i$  и столбца номер  $j$  в матрице должна содержаться минимальная стоимость, за которую можно добраться из города номер  $i$  в город номер  $j$  с учетом пересечения всех границ между ними. На главной диагонали матрицы должны содержаться нули.

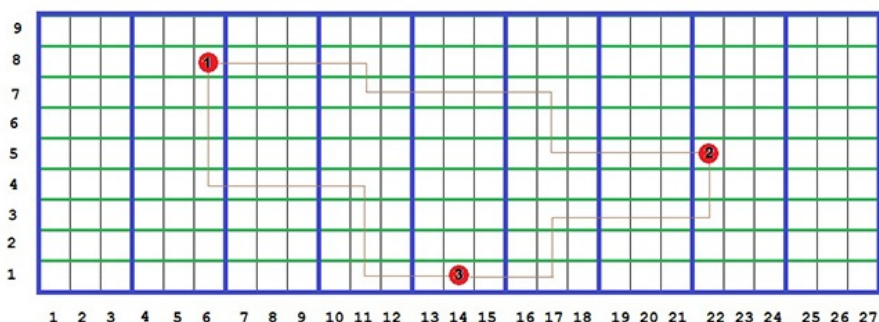


Рис. 4.2.5

В предложенном примере за пересечение любой черной границы требуется заплатить 1 единицу, за пересечение любой зеленой границы — 3 единицы, за пересечение любой синей границы — 9 единиц. На рис. 4.2.5 представлены три города и некоторые кратчайшие по стоимости пути между ними. Например, при движении от города № 1 до города № 2 по указанному на рисунке пути между ними, затраты составят:  $9 + 1 + 1 + 9 + 1 + 3 + 1 + 9 + 1 + 1 + 9 + 1 + 3 + 3 + 1 + 9 + 1 + 1 + 9 = 73$ .

### Формат входных данных

В первой строке через пробел приведены два целых числа  $z$  и  $k$ , лежащие в основе федерации,  $2 \leq z \leq 10$ . Число  $k > 0$  и таково, что  $z^k \leq 10^{17}$ .

Во второй строке содержится число городов  $n$ ,  $2 \leq n \leq \min(z^{2k-1}, 1000)$ .

В следующих  $n$  строках содержится по два целых числа  $x_i$  и  $y_i$  через пробел — координаты очередного города.  $1 \leq x_i \leq z^k$ ,  $1 \leq y_i \leq z^{k-1}$ , все города находятся в попарно различных клетках.

### Формат выходных данных

В ответ вывести матрицу  $n \times n$ . На пересечении строки номер  $i$  и столбца номер  $j$  в этой матрице должна содержаться минимальная стоимость, за которую можно добраться из города номер  $i$  в город номер  $j$  с учетом пересечения всех границ между ними. Если на пути между двумя городами находится третий город, это никак не влияет на стоимость перемещения. Числа внутри каждой строки матрицы разделять одним пробелом.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
3 3 3 6 8 22 5 14 1
Стандартный вывод
0 73 53 73 0 44 53 44 0

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define sz(a) (int)a.size()
3  #define pb push_back
4  #define for0(i, n) for(int i = 0; i < n; i++)
5  #define x first
6  #define y second
7  #define int long long
8  using namespace std;
9  typedef pair<int, int> pii;
10 typedef vector<int> vi;
11 typedef vector<vector<int>> > vvi;
12 signed main(){
13     int z, k;
14     cin >> z >> k;
15     int n;
16     cin >> n;
17     vector<pii> v(n);
18     for0(i, n){
19         cin >> v[i].x >> v[i].y;
20         v[i].x--;
21         v[i].y--;
22     }
23     vector<pii> V, H;
24     V.pb({1, 1});
25     int d = 1;
26     for0(i, k - 1){
27         if(i % 2 == 0){
28             H.pb({d, d * z});
29         }
30         else{
31             V.pb({d, d * z});
32         }
33         d *= z;
34     }
35     if(k % 2 == 0){

```



```

36     swap(V, H);
37 }
38 vvi ans(n, vi(n, 0));
39 for0(i, n){
40     for(int j = i + 1; j < n; j++){
41         int dxans = 0;
42         int dxk = 0;
43         for(int t = sz(V) - 1; t >= 0; t--){
44             int di = v[i].x / V[t].x;
45             int dj = v[j].x / V[t].x;
46             dxans += (abs(di - dj) - dxk) * V[t].y;
47             dxk += (abs(di - dj) - dxk);
48         }
49         int dyans = 0;
50         int dyk = 0;
51         for(int t = sz(H) - 1; t >= 0; t--){
52             int di = v[i].y / H[t].x;
53             int dj = v[j].y / H[t].x;
54             dyans += (abs(di - dj) - dyk) * H[t].y;
55             dyk += (abs(di - dj) - dyk);
56         }
57         ans[i][j] = dxans + dyans;
58         ans[j][i] = ans[i][j];
59     }
60 }
61 for0(i, n){
62     for0(j, n){
63         cout << ans[i][j]<<' ';
64     }
65     cout << endl;
66 }
67 }

```

### Задача 4.2.1.5. Рейтинг проекта (30 баллов)

**Имя входного файла:** стандартный ввод или input.txt.

**Имя выходного файла:** стандартный вывод или output.txt.

**Ограничение по времени выполнения программы:** 1 с.

**Ограничение по памяти:** 128 Мбайт.

#### Условие

Директор института Эдуард Леонидович составляет итоговый отчет о проделанной работе. Каждый день в подведомственном ему заведении либо стартует ровно один новый проект, либо завершается ровно один из уже начатых. Каждый проект имеет свой уникальный номер, но порядок, в котором они стартуют, никак не связан с их нумерацией.

Перед Эдуардом Леонидовичем лежит список, в котором содержится очередность произведенных институтом действий в хронологическом порядке. В нем для каждого дня указан номер начатого или законченного в этот день проекта. Например, если порядок такой: 2, 4, 5, 6, 6, 5, 3, 2, 1, 4, 1, 3, то это значит, что проект № 2 стартовал в первый день, а завершился в восьмой, проект № 3 стартовал в седьмой

день, а завершился в двенадцатый, и т. д.

Нужно заметить, что в министерстве, к которому принадлежит институт, важное значение имеет преемственность. Считается, что проект *B* является продолжением проекта *A*, если проект *B* начался между датами начала и окончания проекта *A* и закончился строго после окончания проекта *A*. Если проследить это в хронологическом списке, то указанные проекты должны в нем располагаться так: ...*A*...*B*...*A*...*B*...

Исходя из этого вычисляется рейтинг для каждого проекта. Для некоторого проекта *A* его рейтинг равен числу всех проектов, которые либо являются его продолжением, либо для которых проект *A* является продолжением.

В рассмотренном примере у проекта № 5 рейтинг равен 0, у проекта № 1 рейтинг равен 1 (он продолжает проект № 4), а у проекта № 4 рейтинг уже равен 3, так как он продолжает проект № 2, и его в свою очередь продолжают проекты 1 и 3.

Теперь нужно помочь Эдуарду Леонидовичу с отчетностью и для каждого проекта найти его рейтинг.

### **Формат входных данных**

В первой строке задается количество проектов  $n$ , выполненных институтом за отчетный период,  $1 \leq n \leq 3 \cdot 10^5$ .

Во второй строке задана последовательность выполнения проектов. Она состоит из  $2 \cdot n$  чисел через пробел. Каждое из этих чисел от 1 до  $n$ , и каждое встречается в последовательности ровно два раза. Первое вхождение соответствует началу проекта с этим номером, второе вхождение — окончанию.

### **Формат выходных данных**

Вывести в одну строку через пробел рейтинги всех проектов. На первом месте должен быть рейтинг проекта № 1, но втором — рейтинг проекта № 2 и т. д. до рейтинга проекта №  $n$ .

### **Примеры**

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
6 2 4 5 6 6 5 3 2 1 4 1 3
<b>Стандартный вывод</b>
1 2 2 3 0 0

### **Пример программы-решения**

Ниже представлено решение на языке C++.

## C++

```

1  #include<bits/stdc++.h>
2  #define for0(i, n) for(int i = 0; i < n; i++)
3  #define for1(i, n) for(int i = 1; i <= n; i++)
4  #define int long long
5  using namespace std;
6  typedef pair<int, int> pii;
7  typedef vector<int> vi;
8  typedef vector<vector<int>> > vvi;
9  const int INF = 1e18;
10 const int MOD = 1e9 + 7;
11 const int LG = 20;
12 const int N = (1LL << LG);
13 vi tr(2 * N, 0);
14 void upd(int pos, int d){
15     pos += N;
16
17     tr[pos] += d;
18     pos /= 2;
19     while(pos){
20         tr[pos] = tr[2 * pos] + tr[2 * pos + 1];
21         pos /= 2;
22     }
23 }
24 int get(int l, int r){
25     l += N;
26     r += N;
27     int res = 0;
28     while(l <= r){
29         if(l % 2 == 1){
30             res += tr[l];
31         }
32         if(r % 2 == 0){
33             res += tr[r];
34         }
35         l = (l + 1) / 2;
36         r = (r - 1) / 2;
37     }
38     return res;
39 }
40 signed main(){
41     int n;
42     cin >> n;
43     vi frst(n + 1, -1);
44     vi ans(n + 1, -1);
45     for0(i, 2 * n){
46         int a;
47         cin >> a;
48         if(frst[a] == -1){
49             frst[a] = i;
50             upd(i, 1);
51             continue;
52         }
53         int diff = get(frst[a] + 1, i - 1);
54         int all = i - frst[a] - 1;
55         int rep = all - diff;
56         ans[a] = all - 2 * rep;
57         upd(frst[a], -1);
58         upd(i, 1);
59     }

```

```
60     for(i, n){
61         cout << ans[i] << ' ';
62     }
63     cout << endl;
64 }
```

## 4.2.2. Биология. 8–9 классы

### **Задача 4.2.2.1. Рефлексы (12 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

У человека, как и у других млекопитающих, существует большое количество самых разных рефлексов. Все они предназначены для решения какой-то определенной задачи — не самой сложной и предполагающей некое типовое решение. Например, для защиты глаза нужно быстро закрыть веко, если где-то в районе глаза вдруг что-то внезапно касается кожного покрова. Или для того чтобы проглотить пищу, нужно в определенной последовательности напрягать и расслаблять мышцы горла и гортани. И неважно, какая именно эта пища, механика процесса глотания всегда остается одной и той же.

В зависимости от того, какую функцию выполняют рефлексы, их условно разделяют на защитные, пищевые, постуральные и др.

Какие рефлексы среди постуральных, защитных или пищевых являются самыми быстрыми?

Ответ обоснуйте.

#### **Ответ:**

Самые быстрые рефлексы — постуральные. (5 баллов)

Поскольку при срабатывании других рефлексов — защитных, пищевых или болевых — необходимо продолжать поддержание позы, т. е. регулировка и контроль в путях постурального рефлекса должны быть быстрее, чем в путях других рефлексов. Иначе при отдергивании руки от огня человек (или другое млекопитающее) теряли бы равновесие и падали. (7 баллов)

### **Задача 4.2.2.2. Физиологические принципы новорожденных. Формирование рефлекторного ответа у новорожденных (16 баллов)**

Тема: нейрофизиология.

#### **Условие**

У многих вызывает удивление факт того, что иногда некоторых новорожденных или недоношенных младенцев похлопывают по спине и ягодицам (также возможно применение других методов стимуляции: яркий свет, громкие звуки, температура).

1. В каких случаях это делают и для чего?
2. Благодаря каким особенностям и физиологическим принципам, лежащим в основе функционирования какого отдела какой системы органов, наблюдается

достижение такого полезного приспособительного результата, как дыхание? Дайте объяснения каждому из принципов и особенностей.

**Ответ:**

1. При развитии у новорожденных или недоношенных младенцев апноэ (т. е. невозможности сделать первый вдох). Описанные стимуляции подобного рода «заставляют» младенцев/запускают механизмы жизнедеятельности и, в конечном счете, позволяют самостоятельно дышать. (2 балла)

Речь в вопросе идет о нервной системе, ее отделе: центральной нервной системе. ЦНС обеспечивает приспособление организма к изменяющимся условиям окружающей среды: изменение поведения в соответствии с потребностями организма; контроль и объединение органов в единое целое на основе восприятия, оценки, сравнения, анализа и интеграции импульсов возбуждения. (2 балла)

2. Благодаря следующим особенностям и принципам проведения возбуждения в ЦНС организм (в случае, описанном в задаче) достигает полезного приспособительного результата (т. е. самостоятельного дыхания):

- Мультипликация возбуждения — его распространение от одного афферентного нейрона на совокупность вставочных, а от них — на еще большую совокупность эфферентных. Лежит в основе иррадиации возбуждения. (2 балла)
- Иррадиация возбуждения — распространение возбуждения с нервного центра одного рефлекса на нервные центры других рефлексов в результате увеличения продолжительности или силы раздражения, или на основе повышения возбудимости ЦНС. Основа иррадиации — это многочисленные взаимосвязи между нейронами. Иррадиация играет важную роль при формировании новых реакций организма (ориентировочных реакций, условных рефлексов). Активация большого количества различных нервных центров позволяет отобрать из их числа наиболее нужные для последующей деятельности, т. е. совершенствовать ответные действия организма. (2 балла)
- Конвергенция — схождение возбуждения от различных рецепторов, нейронов на одном и том же нейроне. Лежит в основе интегративной функции нейрона (по П. К. Анохину). (2 балла)
- Суммация — возрастание рефлекторного ответа в результате увеличения частоты раздражений через один и тот же рецептор (временная) либо числа возбуждаемых рецепторов (пространственная). (2 балла)
- Принцип проторения синаптического пути — улучшение синаптической проводимости при тетанической стимуляции синапсов: если по сети нейронов по определенному пути прошел ПД, то при последующих раздражениях за счет кратковременной и долговременной потенциации по этому же пути он пройдет «легче». Этот принцип имеет особенно важное значение для формирования условных рефлексов и памяти. (2 балла)
- Принцип доминанты (по А. А. Ухтомскому). Доминанта — господствующий очаг возбуждения, который предопределяет характер текущих реакций центров в данный момент. (2 балла)

### **Задача 4.2.2.3. Эволюция фаз сна (16 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Известно, что сон у человека состоит из циклов чередующихся фаз коротковолнового и длинноволнового (медленноволнового) сна. Существует две гипотезы, объясняющие эволюционное появление этих фаз. Какие аргументы можно привести в пользу первичности каждой из этих фаз с точки зрения их эволюционного возникновения?

#### **Ответ:**

1. Быстроволновой — так как механизмы его регуляции располагаются преимущественно в эволюционно древних стволовых системах головного мозга, а более молодой теленцефалон (конечный/передний мозг) является регуляторным центром длинноволнового сна, кроме того, передний мозг наиболее развит у птиц и млекопитающих. (4 балла)
2. В пользу более раннего происхождения быстроволнового сна (БФС) может свидетельствовать то, что в периоды сна температура тела и мозга понижается, а в течение БФС организм теплокровного животного ведет себя подобно организму холоднокровного, т. е. отслеживает температуру окружающей среды. (2 балла)
3. Гипотеза о том, что медленноволновой сон (МФС) является эволюционно более древним приобретением позвоночных аргументируется тем, что в цикле «бодрствование — сон» у млекопитающих медленноволновой сон всегда предшествует быстроволновому. (2 балла)
4. У птиц быстроволновой сон плохо организован во времени: он дробный и очень кратковременный; у ехидны, одного из представителей яйцекладущих млекопитающих, быстроволновой сон отсутствует. Для морских животных (дельфины) характерен однополушарный медленноволновой сон и бодрствование, тогда как быстроволновой сон отсутствует. Сон рептилий и медленноволновой сон млекопитающих можно вызвать и заблокировать одними и теми же фармакологическими веществами. (8 баллов)

### **Задача 4.2.2.4. Обонятельный анализатор (16 баллов)**

Тема: нейрофизиология.

#### **Условие**

Какие врачи древности использовали запахи для диагностики заболеваний? Какова роль обонятельных рецепторов в процессе восприятия запахов, и как происходит передача сигнала от обонятельных рецепторов в мозг? Объясните, какой тип рецепторов участвует в этом процессе и как они различают молекулы запахов. Какой отдел головного мозга будет отвечать за то, что запахи могут вызывать яркие эмоциональные реакции и воспоминания?

**Ответ:**

Гиппократ, Гален, Авиценна. (3 балла)

Обонятельные рецепторы играют ключевую роль в восприятии запахов. (1 балл)

Это первичночувствующие обонятельные клетки, являющиеся хеморецепторами и представленные биполярными нейронами. Их дендриты снабжены ресничками и контактируют с одорантами (молекулами запаха), что приводит к запуску процесса передачи сигнала. (1 балл)

Когда молекулы вещества попадают в носовую полость и связываются с рецепторами, это запускает химические реакции внутри клеток, что генерирует электрический сигнал. Этот сигнал передается по обонятельным нервам в мозг, где он интерпретируется как специфический запах. (3 балла)

Каждый обонятельный рецептор чувствителен к определенным молекулам запахов, что позволяет человеческому организму распознавать широкий спектр запахов. Благодаря большому числу различных рецепторов, мозг может различать тысячи запахов, даже если они имеют схожую химическую структуру. (2 балла)

Основная роль в процессе восприятия запахов и их связи с эмоциями и воспоминаниями отводится лимбической системе, в частности, гиппокампу и амигдале. (6 баллов)

### **Задача 4.2.2.5. Нейромедиаторы (20 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Индейцы Южной Америки были прославлены использованием яда кураре (д-тубокурарин) для отравления своих стрел. По мере повышения концентрации в организме жертвы яд блокирует все больше рецепторов некоего нейромедиатора и его эффект ослабляется из-за уменьшения доступных мест связывания в концевой пластинке нервно-мышечного синапса. При достаточной дозе яда клетки мышцы не могут достичь порогового уровня возбуждения и мышца парализуется, наблюдается эффект миорелаксации.

Еще одним относительно хорошо изученным глобальным нарушением функции нервно-мышечных синапсов является тяжелая миастения (*myasthenia gravis*), при которой больные не в состоянии даже держать глаза открытыми или же с трудом передвигаются. Причина заключается в снижении плотности субсинаптических рецепторов вышеупомянутого нейромедиатора (смотрите предыдущий абзац). Сам медиатор при данном заболевании высвобождается в нормальных количествах, однако связывается лишь с малым числом рецепторов.

1. О каком нейромедиаторе идет речь в тексте? К какой группе нейромедиаторов он относится?
2. Каждый рецептор постсинаптической мембраны взаимодействует со своим специальным медиатором, в результате чего повышается проводимость для соответствующего иона. Однако такая специфичность к медиатору не абсолютна — практически все рецепторы способны связываться и с другими веще-



ствами. Такой эффект от взаимодействия с этими веществами приводит в том числе к изменению мембранной проводимости, к ее сдвигу. Как называются вещества, приводящие к сдвигам в синаптической передаче? Как называются молекулы, которые НЕ приводят к таким сдвигам? К какой группе таких веществ относится яд кураре?

3. Каким процессом в организме обусловлено уменьшение количества функциональных рецепторов этого нейромедиатора? Какими препаратами можно помочь пациенту с *myasthenia gravis*?

**Ответ:**

1. Речь идет об ацетилхолине, пептидном нейромедиаторе, являющимся производным холина. (2 балла)

2. Речь идет об агонистах и антагонистах синаптической передачи. (2 балла)

Если взаимодействие с другими веществами приводит к примерно такому же сдвигу проводимости (как и при взаимодействии со специфическим медиатором), значит, действующее вещество полностью заменяет медиатор и является его агонистом. Другие вещества, также связывающиеся в рецепторами медиаторов, но не столь эффективно изменяющие мембранную проводимость, называются их частичными агонистами. Некоторые молекулы, связываясь с синаптическими рецепторами, не вызывают изменений проводимости, поскольку, занимая рецептор, они препятствуют действию медиаторов или их агонистов. Называются такие вещества антагонистами. Связывание их может быть обратимым: спустя определенный период времени антагонист отделится от рецептора. При этом эти вещества конкурируют с медиаторами и их агонистами за участки связывания, а потому такие вещества называют конкурентными антагонистами. (8 баллов)

В данном случае яд кураре (d-тубокурарин) является конкурентным антагонистом ацетилхолина в концевой пластинке нейро-мышечного синапса. (4 балла)

3. Уменьшение количества функциональных ацетилхолиновых рецепторов при *myasthenia gravis* обусловлено аутоиммунной реакцией: организм больного вырабатывает антитела, разрушающие или сокращающие время жизни собственных ацетилхолиновых рецепторов. При таком состоянии очень хорошо помогают препараты ингибиторов холинэстеразы, позволяющие высвобождаемому в синапсах ацетилхолину действовать дольше, чем в норме, вызывая таким образом достаточную деполяризацию мембраны во время потенциала концевой пластинки. (4 балла)

### **Задача 4.2.2.6. Сенсорные системы (20 баллов)**

Темы: физиология, молекулярная биология, генетика, эволюция.

**Условие**

В 2023 году сотрудники Калифорнийского университета в Сан-Диего опубликовали научную статью, в которой рассказали о происхождении гена IRBP. Оказалось, что этот ген был заимствован позвоночными у бактерий, где он кодировал пептидазу — фермент, расщепляющий белки. Однако, кроме этого, он мог взаимодействовать

с молекулами, чувствительными к свету, похожими на ретиналь. После того как этот ген попал к позвоночным, он удвоился дважды, но все четыре копии остались рядом друг с другом, кодируя один четырехдоменный белок. В ходе эволюционного процесса конвергенции этот ген утратил способность расщеплять белки, но приобрел способность выходить за пределы клеток и стал эффективнее взаимодействовать с молекулами, чувствительными к свету.

1. В реализации какой способности восприятия всех позвоночных животных участвует данный ген? Какой орган (или система органов) у человека обеспечивает вышеуказанную способность? Благодаря каким воспринимающим структурам реализуется данный процесс у человека? Расскажите подробнее об этих структурах и их функциях.
2. Предположите, какую конкретную функцию обеспечивает белок, кодируемый геном IRBP, в организме человека? С помощью какого механизма передачи генетического материала позвоночные «получили в наследство» данный ген от бактерий?

**Ответ:**

1. Речь в вопросе идет о зрении и зрительной системе. (1 балл)

У человека способность воспринимать информацию путем преобразования электромагнитного излучения видимого диапазона начинается в сетчатке глаза, где возбуждаются фоторецепторы (палочки и колбочки). (3 балла)

Далее информация передается и преобразуется в нейронных слоях, что приводит к формированию зрительного образа в затылочной доле коры головного мозга. (2 балла)

Именно благодаря палочкам и колбочкам, расположенным в сетчатке глаза, происходит восприятие света видимого спектра и его последующая передача по структурам зрительного анализатора. Палочки — фоторецепторы, расположенные по периферии сетчатки; используются для ночного зрения (функционируют в условиях низкой освещенности); для них характерна низкая острота зрения; высокочувствительны (способны воспринимать даже рассеянный свет), их примерно в 20 раз больше, чем колбочек; имеют 1 тип фоточувствительного пигмента (родопсин). (4 балла)

Колбочки — фоторецепторы, расположенные в центральной ямке желтого пятна; используются для дневного зрения (функционируют в условиях высокой освещенности); для них характерна высокая острота зрения и лучшее пространственное разрешение; не очень чувствительны к свету и реагируют только на (понятно, что отраженный) прямой свет; имеют 3 типа фоточувствительного пигмента (3 типа пигмента йодопсина, 3 типа колбочек соответственно). (4 балла)

2. Ген IRBP отвечает за синтез белка, который восстанавливает способность фоточувствительных опсинов реагировать на свет. Сами опсины в палочках и колбочках взаимодействуют с ретиналем — небольшой молекулой, являющейся производным витамина А. При попадании фотонов структура ретиналя меняется, вслед за этим меняется и конфигурация опсина, что запускает каскад процессов и приводит к появлению электрохимического сигнала, путешествующего по цепочке клеток сетчатки к зрительному нерву. Однако самостоятельно возвратиться к исходному состоянию ретиналь не может —

ему помогает белок, кодируемый геном IRBP и синтезируемый клетками пигментного эпителия сетчатки. Этот эпителиальный слой прилегает к палочкам и колбочкам почти вплотную, а IRBP функционирует в узком пространстве между ними: вернув ретиналю исходную конфигурацию, он возвращает его фоточувствительным белкам. (4 балла)

Бактериальный ген, который впоследствии стал зрительным IRBP, попал к древним позвоночным благодаря горизонтальному переносу генов, процессу, который представляет собой передачу генетического материала, в результате которой организм-реципиент получает набор генов (и функций) от организма-донора; такая передача осуществляется между особями, не являющимися родственными друг другу. (2 балла)

### 4.2.3. Биология. 10–11 классы

#### **Задача 4.2.3.1. Биологические макромолекулы (8 баллов)**

*Тема: биохимия.*

##### **Условие**

Обнаружено млекопитающее, поддерживающее стабильное функционирование при температуре окружающей среды 60–80 °С. Температура внутренней среды у него оказалась в интервале 60–65 °С.

Опишите возможные изменения в строении биологических макромолекул либо их сопроводительного («сервисного») аппарата для обеспечения стабильного функционирования организма при таких температурах.

Если такой организм окажется в типовых условиях функционирования млекопитающих на планете Земля, чем будет отличаться его устойчивость к различным повреждающим факторам окружающей среды в сравнении с организмами типовых существующих млекопитающих?

##### **Ответ:**

1. Липиды — удлинённые углеводородные хвосты для обеспечения необходимой степени «густоты» и текучести мембран при повышенных температурах. Белки — увеличенное количество дисульфидных мостиков для стабилизации структуры белка в условиях повышенных температур. ДНК/РНК — усиленная система белков-шаперонов, стабилизирующих хроматин в условиях повышенных температур. (5 баллов)

2. Организм, чьи макромолекулы имеют повышенную стойкость к высоким температурам, также будет иметь повышенную стойкость к таким факторам как ионизирующее излучение и свободные радикалы, т. к. механизм повреждения у данных факторов схож с воздействием высоких температур — «расшатывание» и разрушение нормальных связей в макромолекулах. (3 балла)

### **Задача 4.2.3.2. Атаксия (12 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Атаксия — двигательное расстройство, характеризующееся нарушением пространственной и временной координации движений, сила мышц при этом практически не изменена. Различают несколько видов атаксии в зависимости от локализации поражения. Предположите, что может быть поражено у пациента с разными видами атаксии?

#### **Ответ:**

1. Сенситивная (заднестолбовая) атаксия развивается вследствие недостаточности или отсутствия афферентных сигналов от нервных окончаний в мышцах или сухожилиях о положении отдельных частей тела, степени сокращений мышц, скорости их движений, сопротивлении этим движениям. Причиной ее является поражение задних столбов спинного мозга, задних его корешков, зрительного бугра, периферических нервов. (4 балла)
2. Мозжечковая атаксия развивается вследствие поражения мозжечка и/или его проводящих путей. (2 балла)
3. Кортикальная атаксия — результат повреждения нейронов лобной или височной зоны коры большого мозга. (2 балла)
4. Вестибулярная (лабиринтная) атаксия — поражение периферического вестибулярного аппарата, кохлеовестибулярного нерва, вестибулярных ядер или путей в стволе мозга. (4 балла)

### **Задача 4.2.3.3. Истинный парез и «ложный» (15 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Как известно в неврологии, парез — это ослабление мышечной силы различной степени тяжести, а также утрата способности выполнять произвольные движения в одной или нескольких конечностях или других частях тела, которые обычно приводились в движение мышцами. Самым тяжелым проявлением этого неврологического расстройства является паралич, при котором произвольные движения становятся невозможными. Это нарушение возникает из-за повреждения двигательных центров головного или спинного мозга, а также вследствие поражения периферических нервов.

Из нормальной физиологии известно также, что не вся сенсорная информация, которая дает возможность следить за положением и движением нашего тела, осознается; но она важна для многих регуляторных процессов, происходящих бессознательно.

Теперь, окунувшись в важные вехи двух вышепредставленных дисциплин, обратимся к неврологическому статусу клинического случая: пациент Н., мужчина

среднего возраста; при осмотре: мышечный тонус в норме, спинальные двигательные рефлексы в норме; при диагностике патологии со стороны пирамидных трактов и экстрапирамидной проводящих систем головного мозга нет; тем не менее у пациента наблюдается парез.

1. Как называется чувствительность восприятия позы и движений нашего собственного тела? С помощью какого типа рецепторов возможно сознательное восприятие движения и положения частей тела?
2. Какими конкретными анатомическими структурами обуславливается данная чувствительность?
3. На основании известных данных, представленных в задании, предположите, чем обусловлено развитие пареза у данного пациента.

**Ответ:**

1. Такая чувствительность называется проприоцепцией (или глубокой или кинестетической чувствительностью) — восприятие позы и движения собственного тела организма. Сознательное восприятие движения и положения суставов и, соответственно, конечностей, по-видимому, обусловлено одновременным действием различных механорецепторов растяжения: суставных и кожных рецепторов, мышечных веретен (экстрафузальные и интрафузальные мышечные веретена; Ia, Ib мышечные волокна), сухожильных органов (мышечные волокна Ib). Такие механорецепторы называются проприорецепторами. (3 балла)
2. Проприоцепция обуславливается суставными рецепторами в суставных капсулах, а также мышечными веретенами и сухожильными органами Гольджи (подтверждается это экспериментами, в ходе которых, воздействуя на мышцы и сухожилия вибрацией, активирующей главным образом мышечные веретена и сухожильные органы Гольджи, можно вызывать иллюзию движения в суставах, что сбивает испытуемых с толку). Как правило, мышечные веретена регистрируют главным образом длину мышцы, а сухожильные органы Гольджи — ее напряжение. С работой этих органов сочетаются сигналы от вестибулярного аппарата, что позволяет определять положение тела в поле земного притяжения (гравитация как главная сила воздействия, которую необходимо преодолеть). (4 балла)
3. Парез у пациента обусловлен нарушением проприоцептивной чувствительности (известно, что парез — это снижение силы). Чем же определяется сила, точнее, куда она направлена? На противодействие какой-то другой силе, которая выражается в преодолении силы гравитации или объекта на ту или иную часть тела. Предполагаем, что у пациента в задаче полностью отсутствуют рецепторные функции мышечных веретен и сухожильных органов (и/или каких-либо других видов проприорецепторов) по какой-то неизвестной нозологической причине. (4 балла)

При нарушении проприоцепции у пациента выпадает ощущение давления (он не понимает, с какой силой, что и как на него воздействует) и развивается парез, не истинный, но парез. (4 балла)

#### **Задача 4.2.3.4. Паркинсонизм (20 баллов)**

Тема: физиология.

### Условие

В 1919 г. в докторской диссертации К. Н. Третьякова было впервые упомянуто о том, что на свежих срезах посмертных препаратов мозга больных паркинсонизмом черное вещество выглядит гораздо светлее, чем в норме. Это наблюдение привело в конечном итоге к выводу о дегенерации при этой болезни его дофаминергических нейронов. После гибели этих нейронов в стриатуме резко падает содержание дофамина. Открытие имело далеко идущие последствия. Так, например, благодаря этому был разработан метод заместительной терапии препаратом L-дофа (леводофа), который может проникать через гематоэнцефалический барьер, в отличие от дофамина.

1. Чем обусловлен темный цвет в препаратах головного мозга?
2. Предположите, почему дофамин не может проникать в головной мозг, минуя гематоэнцефалический барьер? Чем в данном случае является препарат леводофа по отношению к дофамину?
3. Как можно увеличить эффективность данной заместительной терапии?

### Ответ:

1. Темный цвет в черном веществе на срезах посмертных препаратов мозга обусловлен пигментом меланином, являющимся побочным продуктом синтеза дофамина, откладывающимся в дофаминергических клетках компактной части мозга. (5 баллов)
2. Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) представляет собой физиологический гистогематический барьер между кровеносной системой и центральной нервной системой. Он защищает нервную ткань от циркулирующих в крови микроорганизмов, токсинов, клеточных и гуморальных факторов иммунной системы, которые воспринимают ткань мозга как чужеродную. ГЭБ выполняет функцию высокоселективного фильтра, через который из артериального русла в мозг могут поступать питательные и/или биоактивные вещества. (5 баллов)

Первая линия защиты такого «фильтра» — плотный стой эндотелия капилляров, соединенных плотными контактами. В отличие от большинства капилляров организма, в них нет крупных щелей (пор) для прохождения некоторых белков плазмы. Далее на пути к мозгу находятся перициты (клетки соединительной ткани) и астроциты (вспомогательные клетки в нервной ткани), которые механически не позволяют пройти молекулам крупнее определенного размера (ГЭБ не пропускает вещества более 400–500 Да по массе, в зависимости от свойства вещества). Также барьер непроницаем для ионов, но пропускает жирорастворимые вещества, воду, кислород, углекислый газ, некоторые обезболивающие и алкоголь. Дофамин не проходит через ГЭБ в связи с большим размером молекулы (несколько десятков тысяч дальтон; из различных исследований известно, что функциональная молекулярная масса для сайта связывания агониста дофамина D-1 составила 132 800 Да, что выше, чем функциональная молекулярная масса для сайта связывания антагониста дофамина D-1, примерно 80 000 Да). Препарат L-дофа (леводофа) — предшественник дофамина, молекула которого меньше дофамина. (6 баллов)

3. Итак, как уже было сказано, при заместительной терапии дофамина введение больному непосредственно дофамина не имеет смысла, поскольку он не проникает через ГЭБ. Чтобы преодолеть это затруднение, в организм вводят его

предшественник — леводофу. Обычно одновременно с этим вводят ингибитор декарбоксилазы, чтобы предотвратить превращение леводофы в дофамин в периферических тканях (ингибитор через ГЭБ не проникает). Таким образом, весь введенный L-дофа поступает в мозг, где декарбоксилируется с образованием дофамина. (После приема L-дофа в течение нескольких лет лечение становится менее эффективным, вероятно, вследствие вторичных изменения дофаминовых рецепторов). (4 балла)

### **Задача 4.2.3.5. Мускарин и атропин (20 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

При отравлении мухоморами, содержащими мускарин и атропин, происходят изменения в работе нервной системы. Опишите, какие симптомы характерны для отравления мухоморами, включая изменения в сердечном ритме, дыхании и реакции зрачков. Как мускарин и атропин влияют на органы, и какие нейрофизиологические механизмы лежат в основе этих изменений?

#### **Ответ:**

**Мускарин** — это алкалоид, который действует как агонист мускариновых рецепторов, активируя их. Эти рецепторы связаны с парасимпатической нервной системой, что влияет на работу различных органов, включая сердце, глаза, дыхательные пути и железы.

Симптомы отравления мушарином:

- слюнотечение (повышение активности парасимпатической нервной системы вызывает усиленную секрецию слюны);
- сужение зрачков (миоз) (активация мускариновых рецепторов приводит к сужению зрачков);
- удушье и затруднение дыхания (активация парасимпатической системы может вызвать спазм гладкой мускулатуры дыхательных путей, что приведет к затруднениям в дыхании);
- снижение сердечного ритма (брадикардия) (активизация парасимпатической нервной системы может замедлить частоту сердечных сокращений). (9 баллов)

**Атропин** — это антагонист мускариновых рецепторов, который блокирует их активность, тем самым ингибируя действия парасимпатической нервной системы.

Симптомы отравления атропином:

- тахикардия (учащение сердечного ритма) (блокирование парасимпатической системы вызывает учащение сердечных сокращений);
- расширение зрачков (мидриаз) (ингибирование парасимпатической активности вызывает расслабление мышц радужки, что приводит к расширению зрачков);
- сухость во рту (блокировка парасимпатических рецепторов снижает секрецию слюны и других жидкостей);
- учащенное дыхание и сухие дыхательные пути (блокировка парасимпатической нервной системы может привести к уменьшению активности желез, вы-

деляющих слизь в дыхательных путях). (9 баллов)

Отравление мухоморами может начинаться с симптомов, схожих с действием мускарина (например, слюнотечение, брадикардия, сужение зрачков), но затем может перейти в фазу, когда проявляется действие атропина (тахикардия, сухость во рту, расширение зрачков). Атропин действует как антагонист мускариновых рецепторов и блокирует их только после того, как мускарин успевает активировать парасимпатическую нервную систему. В итоге симптомы отравления могут измениться, и начинают проявляться признаки, связанные с блокировкой парасимпатической активности. (2 балла)

### **Задача 4.2.3.6. Феномен хроместезии (25 баллов)**

Тема: физиология.

#### **Условие**

Доподлинно известно о способности некоторых из известных на весь мир художников (например, Василия Кандинского) и композиторов и музыкантов (например, Канье Уэста, Сергея Прокофьева) как рисовать музыку, так и перекладывать цвета и краски на нотный стан, т. е. синопсии (цветному слуху, музыкально-световой синестезии). При этом существует множество гипотез, объясняющих данное явление как с позиции анатомии и физиологии, так и психологии.

1. Попробуйте дать описание каждой из известных гипотез, объясняющих синестезию.
2. Морфофункциональные особенности какого анатомического образования (и расположенные в каком отделе той или иной структуры) предполагают возможность «анатомической гипотезы» музыкально-световой синестезии?
3. Объясните, какая из гипотез объясняет это феномен подробнее всего и почему.

#### **Ответ:**

1. В первую очередь скажем, что наиболее распространенным объяснением синестезии является теория кросс-активации, предложенная нейропсихологами В. Рамачандраном и Э. Хаббардом. По этой теории между двумя соседними зонами коры головного мозга, отвечающими за цвета и звуки (или цвета и буквы и цифры), происходит перекрестная активация или кросс-активация. Иными словами, зона распознавания звуков (или букв и цифр) в коре головного мозга, вероятно, связана с зоной различения цветов. Такое необычное взаимодействие вызывается, предположительно, врожденными мутациями генов.

Тем не менее эта теория не получила широкого научного признания, поскольку, например, не учитывает культурный фактор, не объясняет редкие формы синестезии (такие, как эмпатия прикосновений) или синестезию, возникшую из-за травмы или употребления психоактивных веществ. (8 баллов)

Другие гипотезы:

- **Анатомическая\*** (морфологическая). Важную роль в этой гипотезе иг-



рают особенности строения и организации сенсорной системы. Известно, что таламус считается входными воротами и распределительным пунктом, через которые все афферентные системы получают доступ к филогенетически более молодым церебральным структурам, обеспечивающим осознание сенсорных стимулов. В частности, в строении таламуса можно выделить несколько функционально и/или анатомически различных ядер, каждое из которых связано со своей корковой областью. В первую очередь в данном вопросе вызывает интерес специфичные переключающие и перерабатывающие ядра кожных сенсорных органов, глаза и уха; ядра с ассоциативными функциями. Эти таламические переключающие и перерабатывающие структуры связаны с корковой областью, отвечающей за их сенсорную модальность, и в свою очередь регулируются (возбуждаются и тормозятся) этой областью. Специфичные ядра зрительной и слуховой систем соответственно — латеральное коленчатое тело и медиальное коленчатое тело.

Немаловажную роль играют и особенности организации зрительного и слухового трактов: для обоих сенсорных аппаратов характерно прохождение сенсорных трактов через нижние холмики четверохолмия и через верхние холмики четверохолмия соответственно.

Возможно, возникновение в ходе онтогенеза каких-либо связей, анастомозов между латеральным и медиальным коленчатым телами таламуса и верхними и нижними холмиками четверохолмия в составе зрительного и слухового трактов и дают развитие синестезии. (8 баллов)

- **Физиологическая.** Эта гипотеза основывается на анатомической (взаимосвязи в зрительном и слуховом трактах), но также учитывает и особенность проведения возбуждения по нейронам. Здесь можно предположить, что развитие синестезии возможно благодаря следующим особенностям организации нейронов и проведения возбуждения в нервной системе:

- ◇ иррадиация возбуждения (по нервным структурам, в том числе, структурам зрительного и слухового анализаторов);
- ◇ пластичность нервных центров (в том числе, в коре головного мозга);
- ◇ гетерогенность нейронных ансамблей (нейроны в составе слуховой и зрительной коры могут брать на себя функцию обработки информации в той или иной степени);
- ◇ мультипликация, суммация и конвергенция возбуждения;
- ◇ принцип проторения синаптического пути.

(5 баллов)

- **Психологическая.** Для выявления синестезии нейропсихологи используют специальные тесты и измерения активности мозга. Техника регистрирует необычную активность мозга синестетов в определенных зонах, когда испытуемые смотрят на так называемые раздражители, например, буквы или цифры того цвета, который не соответствует их обычному восприятию. У людей без синестезии такой активности мозга не наблюдается. (4 балла)

Кроме того, чтобы отличить синестезию от игры воображения и ассоци-

аций, присущих всем людям, ученые проверяют синестетов на точность и постоянство реакций. У настоящих синестетов выявляются стабильные связи между буквой и цветом, вкусом и формой и так далее, которые остаются неизменными годами.

2. Критерии ответа на данный вопрос указаны в абзаце под «\*».
3. Могут выбрать любую и обосновать свой выбор (на данный момент не существует единой верной теории описывающей феномен хроместезии).

## **4.3. Инженерный тур**

### **4.3.1. Общая информация**

Участникам третьего этапа предлагается разработать программно-аппаратный комплекс для интерактивного управления внешними объектами через моторные действия оператора. Такая технология может быть применена при работе в средах, где физических возможностей человека недостаточно и необходимо их увеличить — например, экзоскелетом или устройством с похожими функциями. Кроме того, она может использоваться для реабилитации и абилитации людей парезами и параличами различной этиологии.

### **4.3.2. Легенда задачи**

Человек исследует глубины океана. Для работы в этой среде собственных физических возможностей человека недостаточно. Необходимо расширить его возможности через «дополнение» его физики внешним устройством, которое сможет осуществлять манипуляции в среде высокой плотности и экстремальных температур, где действовать самостоятельно человек не в состоянии. Участникам предлагается создать такое устройство, которое по активности мозга и мышц человека сможет осуществлять сложные манипуляции внешними устройствами.

### **4.3.3. Требования к команде и компетенциям участников**

Количество участников в команде: 3–4.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды: биология, психология, программирование, машинное обучение, сбор данных с микроконтроллеров, конструирование устройств для регистрации биосигналов.

Роли, которые должны быть представлены в команде:

1. Биолог.
2. Программист.
3. Инженер.

### **4.3.4. Оборудование и программное обеспечение**

Таблица 4.3.1

Наименование	Описание
Электроэнцефалограф, электромиограф	Сбор биосигналов
Персональный компьютер	Обработка биосигналов, программирование визуальной среды
Визуальная среда на ПК	Интерфейс оператора для управления разрабатываемым программно-аппаратным комплексом
BiTronics Studio	Базовая регистрация биосигналов, отладка оборудования для регистрации, синхронизированной с визуальной средой
Python 3.X с набором расширений PsychoPy, SciPy, Scikit-Learn и др.	Конструирование визуальной среды оператора, построение и отладка классификатора, сбор биосигналов синхронно с работой визуальной среды оператора

### 4.3.5. Описание задачи

Для решения задачи среди разных мышц или областей головного мозга следует выбрать определенные точки регистрации биосигнала. На основании этого разрабатываются процедуры:

- обработки биосигнала;
- извлечения управляющих команд.

Для мышц и мозга паттерны сигнала, содержащие управляющие команды, будут существенно различаться, что потребует различного программно-алгоритмического инструментария для извлечения этих команд из потока биосигналов.

В соответствии с выбранными управляющими командами необходимо определиться со способом обучения оператора работе с разрабатываемым программно-аппаратным комплексом. Для разного типа управляющих команд оператор должен будет совершать различные действия.

Основные этапы работы:

1. Собрать установку для получения сигнала. Результат: скриншот с ПО, подключенным к установке.
2. Получить базовый вид сигнала. Результат: скриншот с записью типовых видов ЭЭГ и ЭМГ с функциональными пробами.
3. Извлечь базовые параметры сигнала. Результат: программный код, выполняющий базовую обработку регистрируемого сигнала и извлекающий из сигнала необходимые метрики.
4. Построить классификатор на полученных данных. Результат: программный код, строящий классификатор на собранных данных, и сам классификатор.
5. Объединить в единый комплекс визуальную среду для оператора, модуль сбора биосигналов и классификатор для определения действий/намерений оператора. Результат: программный код, реализующий совместную работу визу-

ального модуля, модуля для сбора данных, а также применение к данным классификатора. Демонстрация работы полученного комплекса.

## Этап 1 / Подзадача 1

Соберите комплект Arduino Mega с 8 каналами ЭЭГ и фотодиодом. Подключите полученный комплект к ПК. Загрузите прошивку (<https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/EEG-8.ino>) на Arduino (дополнительная нужная библиотека <https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/TimerOne.zip>) и проверьте соединение ПО Bitronics Studio EEG Edition (инструкция <https://disk.yandex.ru/i/-BZRSnpW8FqOEQ>) с платой Arduino. При корректном соединении можно видеть сигналы на аналоговых входах ЭЭГ и фотодиода, а также «сигнал» счетчика — пилу.

В качестве ответа представьте скриншот экрана с Bitronics Studio, где видны все 10 каналов данных (восемь каналов ЭЭГ, один канал фотодиода и один канал счетчика). На скриншоте укажите расположение каналов ЭЭГ, канала фотодиода и канала счетчика.

### Решение задачи

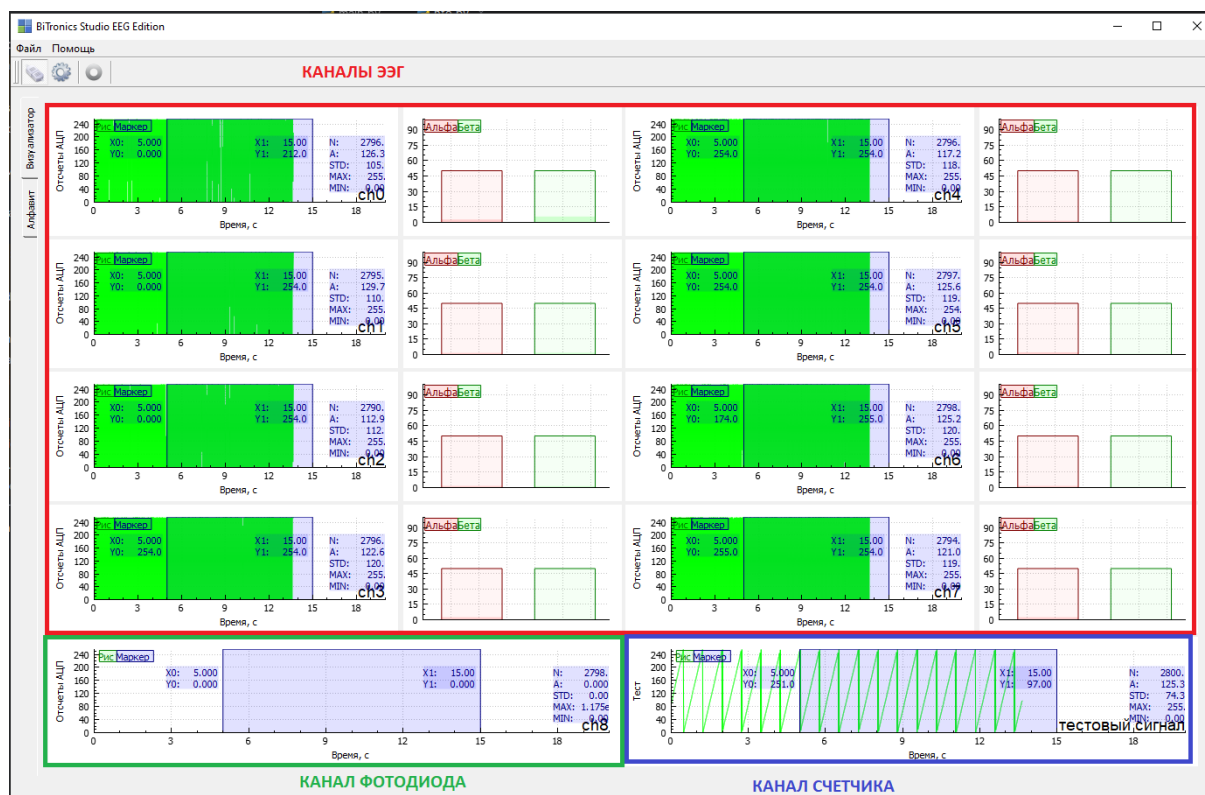


Рис. 4.3.1

### **Пояснение решения задачи**

Необходимо собрать установку по инструкции, подключить ее к ПК и в программе BiTronics Studio отметить соответствующие каналы.

### **Критерии оценивания**

**Формат ответа:** скриншот в формате .png или .jpg.

Скриншот с 10 каналами — 1 балл.

Верно отмеченные 8 каналов ЭЭГ — 1 балл.

Верно отмеченный канал фотодиода — 1 балл.

Верно отмеченный канал счетчика — 1 балл.

**Количество баллов:** 4.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 25.02.2025 г.

## **Этап 2 / Подзадача 2**

Напишите скрипт с использованием PsychoPy, который будет:

- Выводить на экран четыре стрелки, направленные вверх, вниз, вправо и влево. Каждая из стрелок расположена в соответствующей части экрана: стрелка «Влево» — в левой части экрана, стрелка «Вверх» — в верхней части экрана, стрелка «Вправо» — в правой части экрана, стрелка «Вниз» — в нижней части экрана. Стрелка состоит из трех объектов типа **Линия**, которые соединяются в одной точке — на кончике стрелки (на острие стрелки). Средняя линия в два раза длиннее, чем боковые.
- По нажатию любой клавиши начинается последовательное изменение цвета стрелок. Стрелки меняют цвет по одной в случайном порядке. Стрелка меняет свое состояние (цвет) на 0,5 с, затем возвращается к исходному цвету. Через 0,5 с, в течение которых все стрелки находятся в исходном состоянии, следующая случайная стрелка меняет свой цвет на 0,5 с.
- По следующему нажатию любой клавиши мигания стрелок останавливаются, и через 1,75 с окно PsychoPy закрывается.

Рекомендуем использовать Python 3.10. Он установлен на ПК, в нем установлен PsychoPy в виде модуля.

В качестве ответа пришлите скрипт, выполняющий вышеописанные процедуры.

### **Критерии оценивания**

**Формат ответа:** скрипт в формате .py.

Вывод стрелок на экран — 1 балл за **каждую стрелку** в соответствующей области экрана.

Изменение цвета стрелок в случайном порядке после нажатия любой клавиши — 1,5 балла.

Завершение мигания стрелок и закрытие окна PsychoPy по нажатию любой

клавиши через 1,75 с после остановки мигания стрелок — 0,5 балла.

**Количество баллов:** 6.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 25.02.2025 г.

## Решение задачи

### Python

```

1 from psychopy import visual, core, event
2 from time import sleep
3 from random import randint
4
5 win = visual.Window(size=(600, 600))
6 colors = ["red", "green", "blue", "yellow"]
7
8 def draw(colour1, colour2, colour3, colour4):
9     line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.3, 0),
10         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour1)
11     line.draw()
12     line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.55, 0.25),
13         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour1)
14     line.draw()
15     line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.55, -0.25),
16         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour1)
17     line.draw()
18     line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.3, 0), lineWidth=5,
19         ↪ lineColor=colour2)
20     line.draw()
21     line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, 0.25),
22         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour2)
23     line.draw()
24     line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, -0.25),
25         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour2)
26     line.draw()
27     line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0, 0.3), lineWidth=5,
28         ↪ lineColor=colour3)
29     line.draw()
30     line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0.25, 0.55),
31         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour3)
32     line.draw()
33     line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(-0.25, 0.55),
34         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour3)
35     line.draw()
36     line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(0, -0.3),
37         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour4)
38     line.draw()
39     line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(-0.25, -0.55),
40         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour4)
41     line.draw()
42     line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(0.25, -0.55),
43         ↪ lineWidth=5, lineColor=colour4)
44     line.draw()

```

```

36     win.flip()
37     '''
38     def draw_right(colour):
39         line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.3, 0), lineWidth=5,
40             ↪ lineColor=colour)
41         line.draw()
42         line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, 0.25),
43             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
44         line.draw()
45         line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, -0.25),
46             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
47         line.draw()
48         win.flip()
49
50     def draw_up(colour):
51         line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0, 0.3), lineWidth=5,
52             ↪ lineColor=colour)
53         line.draw()
54         line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0.25, 0.55),
55             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
56         line.draw()
57         line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(-0.25, 0.55),
58             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
59         line.draw()
60         win.flip()
61
62     def draw_down(colour):
63         line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(0, -0.3),
64             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
65         line.draw()
66         line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(-0.25, -0.55),
67             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
68         line.draw()
69         line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(0.25, -0.55),
70             ↪ lineWidth=5, lineColor=colour)
71         line.draw()
72         win.flip()
73
74     '''
75     draw('white', 'white', 'white', 'white')
76     keys = event.waitKeys()
77     # Ждем 2 секунды
78     core.wait(2)
79
80     while True:
81         x = randint(0, 3)
82         y = randint(0, 3)
83
84         if (x == 0):
85             draw(colors[y], 'white', 'white', 'white')
86         elif x== 1:
87             draw('white', colors[y], 'white', 'white')
88         elif x==2:
89             draw('white', 'white', colors[y], 'white')
90         else:
91             draw('white', 'white', 'white', colors[y])
92
93         sleep(0.5)
94
95     # Закрываем окно
96     win.close()

```



### ***Пояснение решения задачи***

Пример скрипта с применение PsychoPy, реализующий требуемую процедуру.

## **Этап 3 / Подзадача 3**

Сделайте запись ЭМГ. Для записи ЭМГ можно использовать Bitronics Studio EEG Edition, просто вместо датчика ЭЭГ подключить датчик ЭМГ. Запись ЭМГ будет осуществляться в соответствующие каналы, соответственно подключению ЭМГ-датчиков. Одну запись сделайте с расслабленных мышц предплечья, вторую — с напряженных мышц предплечья. Оба фрагмента можно записать непрерывно, не выключая установку.

Ответьте на вопрос: «Какие характерные различия в сигнале можно наблюдать для электромиограммы, снятой с расслабленных мышц, и для электромиограммы, снятой с напряженных мышц?» Интерпретируйте полученные различия, объясните наблюдаемые различия в амплитуде регистрируемого сигнала.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### ***Критерии оценивания***

**Формат ответа:** скриншот в формате .png или .jpg, текстовые пояснения в текстовом файле.

Скриншот фрагмента записи ЭМГ с расслабленных мышц — 1 балл.

Скриншот фрагмента записи ЭМГ с напряженных мышц — 1 балл.

Верная интерпретация полученных различий в сигнале ЭМГ — 2 балла.

**Количество баллов:** 4.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 25.02.2025 г.

### ***Решение задачи***

Различия в сигнале для электромиограммы, снятой с расслабленных мышц, и для электромиограммы, снятой с напряженных, заключаются в амплитуде сигнала: при напряжении амплитуда больше, это связано с тем, что внутри мышцы при ее сокращении протекают крошечные токи, это и влияет на амплитуду (увеличивает) сигнала, см. рис. 4.3.2.

### ***Пояснение решения задачи***

Делается запись ЭМГ на расслабленной и напряженной мышце, объясняются различия в сигнале.



Рис. 4.3.2

## Этап 4 / Подзадача 4

Сделайте скрипт, который будет:

- Выводить четыре стрелки, как в задаче № 2, и точно так же ими мигать, но время, на которое меняется состояние стрелки — 0,75 с.
- Осуществлять сбор данных с Arduino Mega с 8 каналами ЭЭГ, одним каналом фотодиода и одним «каналом» счетчика.
- После завершения работы скрипта (например, по нажатию клавиши Escape) сохраните полученные с Arduino данные в текстовый файл с расширением `.csv`.
- После завершения работы скрипта выводится визуализация записанных данных.

Постарайтесь сделать скрипт таким образом, чтобы потом можно было легко менять расположение стрелок, время их модификации, время пребывания в исходном состоянии, а также параметры этих модификаций. Предусмотрите возможность выполнять несколько «кругов» модификаций по набору элементов на экране. Один круг — однократная подсветка всех одиночных элементов либо их наборов.

Рекомендуем выполнить задачу в среде Python 3.10.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** скрипт в формате `.py`, скриншоты визуализации в виде графического файла.

Вывод элементов и смена их состояния каждые 0,75 с — 1 балл.

Сбор и сохранение данных с Arduino одновременно с работой визуальной части — 2 балла.

Визуализация записанных данных — 2 балла.

**Количество баллов:** 5.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 26.02.2025 г.

## Решение задачи

### Python

```

1  from psychopy import visual, event, core
2  import time, socket, os
3  from random import randint, shuffle
4  import matplotlib.pyplot as plt
5  import pandas as pd
6  import serial
7  from serial import Serial
8  import numpy as np
9  hz = 20
10
11  arr = []
12  port = "COM4"
13  baudrate = 115200
14  ser = serial.Serial(port, baudrate, timeout=0.1)
15
16  win = visual.Window(size=(600, 600))
17  colors = ["red", "green", "blue", "yellow"]
18
19  def draw(colour1, colour2, colour3, colour4):
20      line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.3, 0),
21          ↪ linewidth=5, lineColor=colour1)
22      line.draw()
23      line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.55, 0.25),
24          ↪ linewidth=5, lineColor=colour1)
25      line.draw()
26      line = visual.Line(win, start=(-0.8, 0), end=(-0.55, -0.25),
27          ↪ linewidth=5, lineColor=colour1)
28      line.draw()
29      line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.3, 0), linewidth=5,
30          ↪ lineColor=colour2)
31      line.draw()
32      line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, 0.25),
33          ↪ linewidth=5, lineColor=colour2)
34      line.draw()
35      line = visual.Line(win, start=(0.8, 0), end=(0.55, -0.25),
36          ↪ linewidth=5, lineColor=colour2)
37      line.draw()
38      line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0, 0.3), linewidth=5,
39          ↪ lineColor=colour3)
40      line.draw()
41      line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(0.25, 0.55),
42          ↪ linewidth=5, lineColor=colour3)
43      line.draw()

```

```

38     line = visual.Line(win, start=(0, 0.8), end=(-0.25, 0.55),
39         ↪ linewidth=5, lineColor=colour3)
40     line.draw()
41
42     line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(0, -0.3),
43         ↪ linewidth=5, lineColor=colour4)
44     line.draw()
45     line = visual.Line(win, start=(0, -0.8), end=(-0.25, -0.55),
46         ↪ linewidth=5, lineColor=colour4)
47     line.draw()
48     win.flip()
49
50 draw('white', 'white', 'white', 'white')
51
52 def do_ardo(delay_time):
53     global hz, res, ser
54
55     while(ser.in_waiting >= 10):
56         res.append([])
57         for j in range(10):
58             res[-1].append(ord(ser.read()))
59         time.sleep(0.75)
60
61 state = 0
62 index = 0
63 res = []
64
65 ser.reset_input_buffer()
66 ser.reset_output_buffer()
67
68 while True:
69     t = event.getKeys()
70     x = randint(0, 3)
71     y = randint(0, 3)
72
73     if (x == 0):
74         draw(colors[y], 'white', 'white', 'white')
75     elif x== 1:
76         draw('white', colors[y], 'white', 'white')
77     elif x==2:
78         draw('white', 'white', colors[y], 'white')
79     else:
80         draw('white', 'white', 'white', colors[y])
81
82 do_ardo(0.75)
83 if 'escape' in t:
84     ser.close()
85     names = ['A0', 'A1', 'A2', 'A3', 'A4', 'A5', 'A6', 'A7',
86         ↪ 'A8(photodiod)', 'Counter']
87     df = pd.DataFrame(np.array(res), columns = ['A0', 'A1', 'A2',
88         ↪ 'A3', 'A4', 'A5', 'A6', 'A7', 'A8(photodiod)', 'Counter'])
89     df.to_csv("result.csv")
90     print("Результат сохранен в result.csv")
91     x = np.array([i / hz for i in range(len(df))])
92
93     fig, axs = plt.subplots(5, 2, figsize=(6, 10))

```

```

92     axs = axs.flatten()
93
94     for i in range(10):
95         y = np.array(df[names[i]])
96         axs[i].set_ylim(0, 255)
97         axs[i].plot(x, y)
98         axs[i].set_title(names[i])
99         axs[i].set_xlabel('Время, с')
100        axs[i].set_ylabel('Значения')
101
102    plt.tight_layout()
103
104    plt.show()
105    break
106
107 ser.close()
108 win.close()

```

### **Пояснение решения задачи**

Код с применением модулей PsychoPy и Serial для создания визуальной среды и сбора данных с Arduino.

## **Этап 5 / Подзадача 5**

Сделайте записи ЭМГ. Одну запись сделайте с расслабленных мышц предплечья, вторую — с напряженных мышц предплечья. Либо можете использовать, если сохранилась, запись ЭМГ предыдущего дня.

Постройте спектр мощности ЭМГ-сигнала. Ответьте на вопрос: «В каком диапазоне частот сильнее всего отличаются спектры для напряженной и расслабленной мышцы?» Интерпретируйте полученные различия.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### **Критерии оценивания**

**Формат ответа:** скриншот в формате .png или .jpg, текстовые пояснения в текстовом файле, файлы записанных фрагментов ЭМГ, скрипт в формате .py, вычисляющий и визуализирующий спектры двух фрагментов ЭМГ.

Два файла с данными ЭМГ — 1 балл.

Скрипт в формате .py (допускается .ipynb), вычисляющий и визуализирующий спектры двух фрагментов ЭМГ — 3 балла.

Верная интерпретация полученных различий в форме спектров ЭМГ — 2 балла.

**Количество баллов:** 6.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 26.02.2025 г.

## Решение задачи

Код для построения спектров мощности ЭМГ при разном состоянии мышц см. ниже.

### Python

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 data_relif = np.loadtxt('расслабленная.dat')
5 data_tension = np.loadtxt('напряженная.dat')
6
7 emg_signal_relif = data_relif[:, 0]
8 emg_signal_tension = data_tension[:, 0]
9
10 sampling_rate = 220
11
12 n_r = len(emg_signal_relif)
13 n_t = len(emg_signal_tension)
14
15 fft_result_r = np.fft.fft(emg_signal_relif)
16 fft_result_t = np.fft.fft(emg_signal_tension)
17
18 fft_freqs_r = np.fft.fftfreq(n_r, d=1/sampling_rate)
19 fft_freqs_t = np.fft.fftfreq(n_t, d=1/sampling_rate)
20
21 power_spectrum_r = (np.abs(fft_result_r))[1:]
22 power_spectrum_t = (np.abs(fft_result_t))[1:]
23
24 positive_freqs_r = fft_freqs_r[:n_r//2]
25 positive_power_spectrum_r = power_spectrum_r[:n_r//2]
26
27 positive_freqs_t = fft_freqs_t[:n_t//2]
28 positive_power_spectrum_t = power_spectrum_t[:n_t//2]
29
30 plt.figure(figsize=(10, 6))
31 plt.plot(positive_freqs_r, positive_power_spectrum_r)
32 plt.title('Спектр мощности расслабления ЭМГ сигнала')
33 plt.xlabel('Частота (Гц)')
34 plt.ylabel('Мощность')
35 plt.grid(True)
36 plt.show()
37
38 plt.figure(figsize=(10, 6))
39 plt.plot(positive_freqs_t, positive_power_spectrum_t)
40 plt.title('Спектр мощности напряжения ЭМГ сигнала')
41 plt.xlabel('Частота (Гц)')
42 plt.ylabel('Мощность')
43 plt.grid(True)
44 plt.show()

```

### Пример верного пояснения

Во время расслабления мышцы мощность в сигнале существенно ниже, чем во время напряжения. Мощность на более высоких частотах (вплоть до 167 Гц) также заметно отличается.

Максимальный пик мощности во время напряжения мышцы приходится на частоту  $\approx 14$  Гц, во время расслабления —  $\approx 3$  Гц.

При расслаблении мышцы мощность в диапазоне 1–14 Гц выше, чем мощность в диапазоне 15–60 Гц (и дальше до 167 Гц). При напряжении мышцы мощность в диапазоне 1–14 Гц ниже, чем мощность в диапазоне 15–60 Гц (дальше мощность постепенно убывает, но все равно выше, чем при расслаблении).

Это связано с тем, что внутри мышцы при ее сокращении протекают крошечные токи, это влияет на амплитуду (увеличивает) сигнала, а амплитуда влияет на мощность спектра.

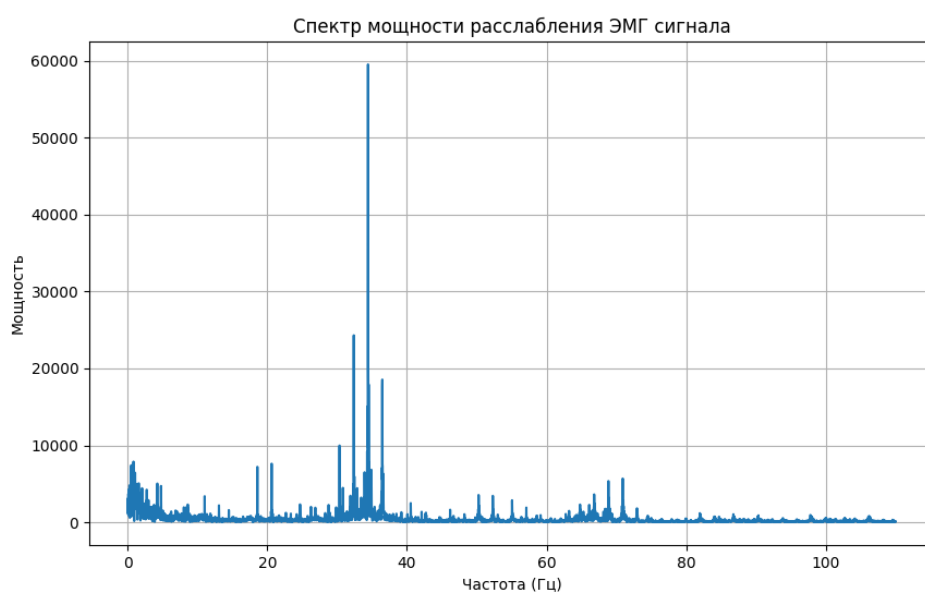


Рис. 4.3.3

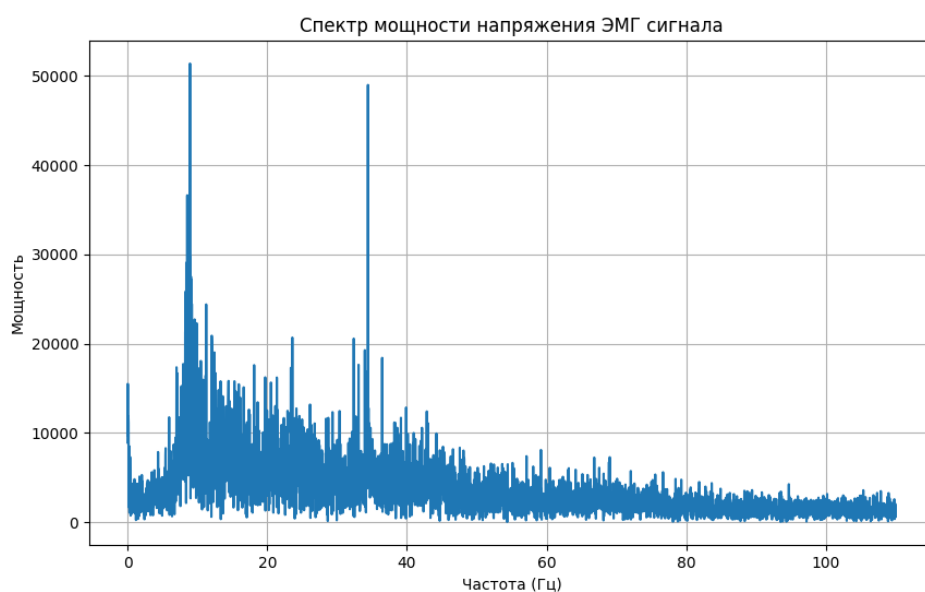


Рис. 4.3.4

## Этап 6 / Подзадача 6

Загрузите набор данных [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024\\_data\\_real\\_train\\_final.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024_data_real_train_final.csv). В данном файле представлены записи ЭЭГ в шести отведениях: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Частота оцифровки: 250 Гц. В файле представлены эпохи, соответствующие двум разным и типовым моментам в эксперименте: вспышка буквы на экране, за которой испытуемый следил, и вспышка буквы, за которой испытуемый не следил. Длительность эпох — 1 с, в данных находится 250 «блоков» по 6 сэмплов соответственно отведения ЭЭГ. В столбце `class` указан тип эпохи.

Постройте на предложенных данных классификатор и проверьте его работу на тестовых данных, которые можно скачать по ссылке [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024\\_data\\_real\\_test\\_final.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024_data_real_test_final.csv).

В качестве ответа пришлите текстовый файл, содержащий последовательность 0 и 1, соответствующую классам эпох, находящимся в тестовом наборе данных. Пример оформления файла с ответом можно скачать по ссылке [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/data\\_answers\\_example.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/data_answers_example.csv).

Балл за попытку вычисляется по формуле  $6 \cdot \text{abs}(1 - (1 - x) \cdot 2)$ , где  $x$  — доля совпадения присланного решения с верным ответом.

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** текстовый файл с набором меток 0 и 1.

**Количество баллов:** 6.

**Количество попыток:** 4.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9, 0,85.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 26.02.2025 г.

### Решение задачи

Пример кода для построения классификатора см. ниже.

#### Python

```
1 import pandas as pd
2 from catboost import CatBoostClassifier
3 from sklearn.preprocessing import StandardScaler
4
5 train_file = '2024_data_real_train_final.csv'
6 test_file = '2024_data_real_test_final.csv'
7 output_file = 'predictions_catboost_output.csv'
8
9 train_data = pd.read_csv(train_file, delimiter=';')
10 test_data = pd.read_csv(test_file, delimiter=';')
11
12 X_train = train_data.drop(columns=['class'])
13 y_train = train_data['class']
14
15 scaler = StandardScaler()
16 X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
```



```

17 test_data_scaled = scaler.transform(test_data)
18
19 model = CatBoostClassifier(iterations=1000, learning_rate=0.1,
    ↪ depth=6, random_seed=42, verbose=100)
20 model.fit(X_train_scaled, y_train)
21
22 test_predictions = model.predict(test_data_scaled).astype(int)
23
24 predictions_str = ''.join(map(str, test_predictions.flatten()))
25
26 with open(output_file, 'w') as f:
27     f.write(predictions_str)
28
29 print(f"Предсказания на тестовой выборке сохранены в файл
    ↪ {output_file}")

```

Пример возможного ответа на задачу:

00010110000101000000001000001001001010100001010010

## Этап 7 / Подзадача 7

Установите на добровольца (добровольцем может быть любой участник команды) 8 каналов ЭЭГ. Для получения хорошего сигнала электроды необходимо корректно установить, можете воспользоваться руководством [https://disk.yandex.ru/i/OiBSO-23iK\\_ZhA](https://disk.yandex.ru/i/OiBSO-23iK_ZhA) (стр. 18–32, но и другие части руководства могут быть полезны и интересны).

Сделайте запись с открытыми и закрытыми глазами, по 1 мин в каждом варианте. Опишите наблюдаемые различия в ЭЭГ, записанной в различных областях головы. Поясните их.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** скриншот в формате .png или .jpg.

Скриншот с фрагментов ЭЭГ с открытыми глазами — 1 балл.

Скриншот с фрагментов ЭЭГ с закрытыми глазами — 1 балл.

Верное объяснение наблюдаемых различий в различных зонах головы между двумя полученными записями — 3 балла.

**Количество баллов:** 5.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 26.02.2025 г.

## Решение задачи

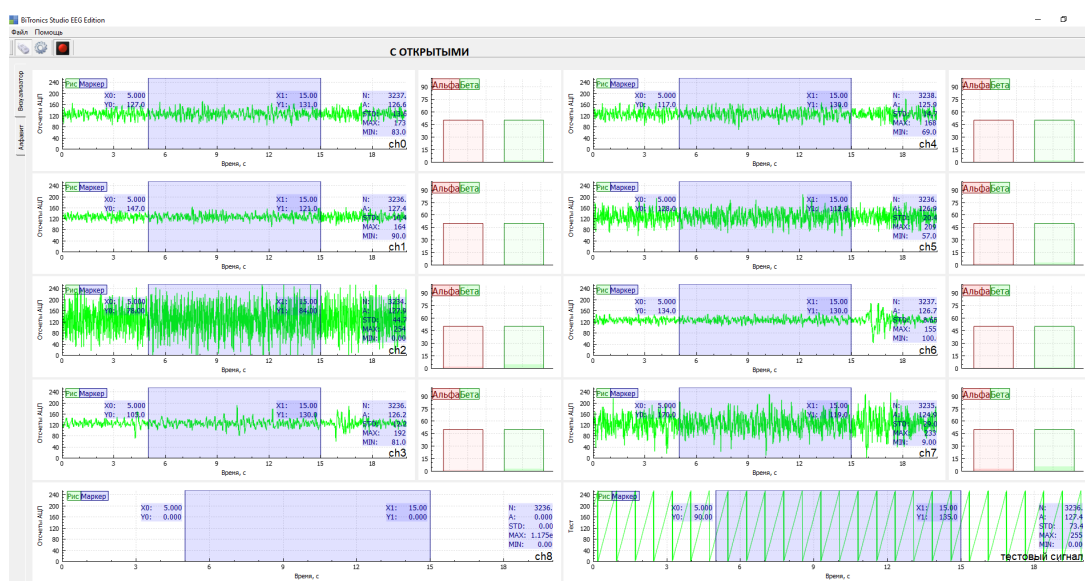


Рис. 4.3.5

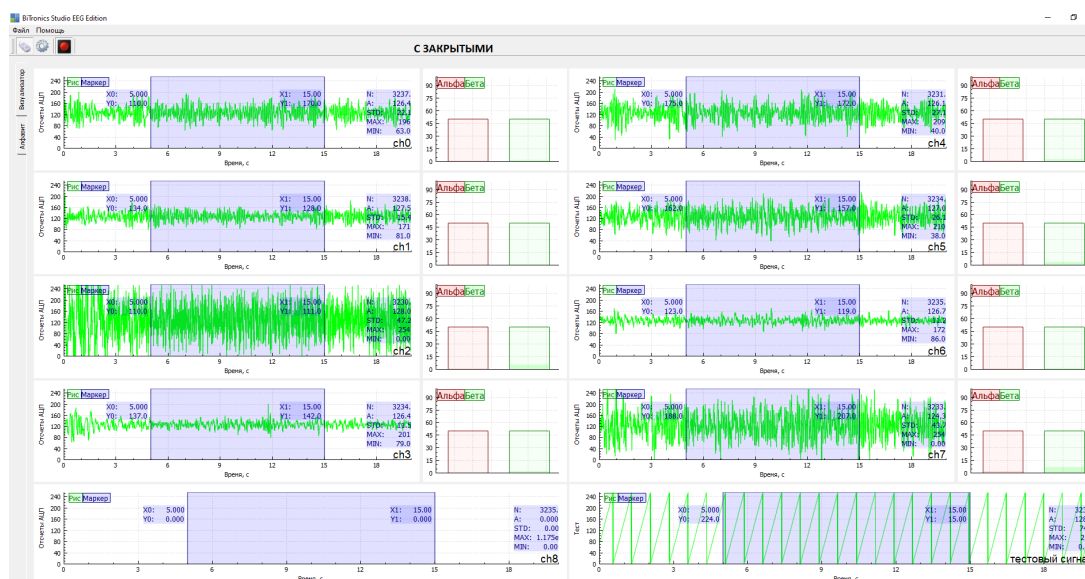


Рис. 4.3.6

### Вариант правильного пояснения различий в ЭЭГ при открытых и закрытых глазах

Из ЭЭГ для закрытых и открытых глаз видим, что амплитуда при закрытых глазах больше, чем амплитуда при открытых глазах. Это прослеживается во всех каналах, но особенно в каналах с затылочной части головы.

Это происходит из-за того, что при закрытых глазах зрительная кора получает меньше информации, и мозг работает более ритмично. Также многие нейроны начинают работать синхронно, что создает высокую амплитуду. Когда же глаза открываются, мозг начинает активно обрабатывать зрительную информацию, это вызывает хаотичную быструю активность разных нейронов, что снижает амплитуду.

Во всех зонах, кроме затылочной, значительных изменений нет, поскольку они напрямую не связаны с обработкой зрительной информации.

## Этап 8 / Подзадача 8

Напишите скрипт, который будет:

- выводить на экран в PsychoPy два круга белого цвета, один находится в левой части экрана, другой — в правой;
- осуществлять сбор ЭМГ-данных с двух рук (например, предплечья);
- в соответствии с напряжением и расслаблением рук менять цвет кругов (с белого на красный), при напряжении правой руки меняет свой цвет правый круг, при напряжении левой руки меняет свой цвет левый круг.

Постарайтесь выполнить задачу в среде Python 3.10.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### *Критерии оценивания*

**Формат ответа:** скрипт, реализующий описанную процедуру. Видеозапись процесса работы разработанного скрипта с оператором, в кадре должны находиться руки оператора с ЭМГ-электродами, монитор с окном PsychoPy, клавиатура и мышка, работа мышкой и клавиатурой в ходе работы скрипта, когда по сигналу ЭМГ меняется цвет одного или обоих кругов, не допускается. На видео должны быть продемонстрированы три режима работы:

1. изменение цвета одного из кругов по напряжению одной руки;
2. изменение цвета обоих кругов при напряжении обеих рук;
3. попеременное изменение цвета кругов при напряжении той или иной руки.

Видеофайл загружается на Гугл- или Яндекс-диск, ссылка на видео отправляется в теле письма, доступ к видео выставляется всем по ссылке. В случае некорректных настроек доступа к видео, в качестве ответа оно засчитано не будет.

Альтернативный вариант — сдать задачу свободному эксперту на площадке. В таком случае по почте высылается только скрипт. Однако не стоит всерьез надеяться на наличие свободного эксперта на площадке в последний час работы. Прием задачи экспертом не гарантируется при наличии у него очереди сдающих участников, занятости вопросами технического характера, истечению времени приема задачи и др. Невозможность приема задачи экспертом не является основанием для выдачи дополнительного времени на сдачу задачи.

Вывод двух белых кругов в окне PsychoPy — 1 балл.

Смена цвета одного из кругов при напряжении соответствующей кругу руке — 2 балла.

Одновременное изменение цвета обоих кругов при напряжении двух рук — 2 балла.

Попеременное изменение цвета двух кругов при попеременном напряжении рук — 3 балла.

**Количество баллов:** 8.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 26.02.2025 г.

## Решение задачи

Код модуля на Python см. ниже.

### Python

```

1  from psychopy import visual, core, event
2  import time, socket, os
3  from random import randint, shuffle
4  import matplotlib.pyplot as plt
5  import pandas as pd
6  import serial
7  from serial import Serial
8  import numpy as np
9
10 win = visual.Window(size=(600,600), color='grey', units='pix')
11
12 port = "COM4"
13 baudrate = 115200
14 ser = serial.Serial(port, baudrate, timeout=0.1)
15
16 left_circle = visual.Circle(win, radius=50, fillColor='white',
17     ↪ pos=(-200, 0))
18 right_circle = visual.Circle(win, radius=50, fillColor='white',
19     ↪ pos=(200, 0))
20
21
22 ser.reset_input_buffer()
23 ser.reset_output_buffer()
24
25
26 def left(color):
27     left_circle = visual.Circle(win, radius=50, fillColor=color,
28     ↪ pos=(-200, 0))
29     left_circle.draw()
30
31
32 def right(color):
33     right_circle = visual.Circle(win, radius=50, fillColor=color,
34     ↪ pos=(200, 0))
35     right_circle.draw()
36
37
38 left('white')
39 right('white')
40 win.flip()
41
42
43 while True:
44     keys = event.getKeys()
45
46     while(ser.in_waiting >= 2):
47         a = ord(ser.read())
48         if a == 0:
49             b = ord(ser.read())
50             if b == 10:

```

```

42         left('red')
43     else:
44         left('white')
45     print(a, b)
46 elif a == 1:
47     b = ord(ser.read())
48     if b == 11:
49         right('red')
50     else:
51         right('white')
52     print(a, b)
53 win.flip()
54
55 time.sleep(0.1)
56 if 'escape' in keys:
57     break
58
59 #win.flip()
60
61 win.close()
62 core.quit()

```

## Этап 9 / Подзадача 9

На основе сигнала ЭМГ от нескольких мышц (лучше от двух или трех) закодируйте активацию четырех кнопок: «Влево», «Вправо», «Вверх» и «Вниз». Объедините систему управления на основе ЭМГ с игрой «Пакман». Основной модуль «Пакмана» и пример его работы в PsychoPy можно скачать по ссылкам: основной модуль — <https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/pacman.py>, пример — <https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/primer.py>.

Сгенерируйте поле для Пакмана размером  $5 \times 5$  ячеек и разместите на этом поле 4 цели. «Съешьте» все цели при помощи управления Пакманом от ЭМГ. Цели размещаются на рабочем поле случайным образом. Если все цели оказались в одной строке или одном столбце, программа перезапускается для получения нового расположения целей. В случае воспроизведения положения целей при разных запусках (цели оказываются в одних и тех же ячейках), модуль `pacman.py` заменяется на оригинальный по ссылке в задаче.

Рекомендуем выполнить задачу в среде Python 3.10. на стационарном ПК, который был выдан команде для работы.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** скрипт, реализующий описанную процедуру. Видеозапись процесса работы разработанного скрипта с оператором, в кадре должны находиться руки оператора с ЭМГ-электродами, монитор с окном PsychoPy, клавиатура и мышка, работа мышкой и клавиатурой в ходе работы скрипта, когда по сигналу ЭМГ Пак-

ман делает ходы, не допускается. На видео должны быть хорошо видно «поедание» Пакманом целей на поле.

Видеофайл загружается на Гугл- или Яндекс-диск, ссылка на видео отправляется в теле письма, доступ к видео выставляется всем по ссылке. В случае некорректных настроек доступа к видео, в качестве ответа оно засчитано не будет. Максимальная длительность видеофайла — 3 мин.

Альтернативный вариант — сдать задачу свободному эксперту на площадке. В таком случае по почте высылается только скрипт. Однако не стоит всерьез надеяться на наличие свободного эксперта на площадке в последний час работы. Прием задачи экспертом не гарантируется при наличии у него очереди сдающих участников, занятости вопросами технического характера, истечению времени приема задачи и др. Невозможность приема задачи экспертом не является основанием для выдачи дополнительного времени на сдачу задачи. Максимальное время сдачи задачи эксперту — 3 мин.

Любой произвольный ход Пакмана по сигналу ЭМГ — 2 балла.

Поедание Пакманом каждой из целей за отведенное время (3 мин) — 2 балла за каждую цель.

**Количество баллов:** 10.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 27.02.2025 г.

## Решение задачи

Пример решения задачи на Python, см. ниже.

### Python

```

1  print("psychoimporting...")
2  from psychopy import visual, core, event
3  print("psychoimported!")
4  import numpy as np
5  import serial
6  import scipy.signal as sig
7  from pacman import Pacman
8  #coding:utf-8
9  from psychopy import visual, event
10 import numpy as np
11 from psychopy.visual.pie import Pie
12 import random
13
14 def colorchange(stim, color):
15     stim.color = color
16     stim.draw()
17
18 def arm_status(data: np.ndarray, threshold: float, left_arm_channel,
19     ↪ right_arm_channel):
19     stdleft = np.std(data[0])
20     stdright = np.std(data[1])
21     left_tense = stdleft > threshold
22     right_tense = stdright > threshold
23     # left_tense = ((data[0]**2).mean())**0.5 > threshold
24     # right_tense = ((data[1]**2).mean())**0.5 > threshold

```

```

25     return left_tense, right_tense
26
27 def get_move(left_tense, right_tense):
28     if left_tense:
29         if right_tense:
30             return "up"
31         else:
32             return "left"
33     else:
34         if right_tense:
35             return "right"
36         else:
37             return "down"
38
39 def read_arduino(n_channels):
40     try:
41         line = arduino.readline().decode('utf-8').strip()
42         data = list(map(float, line.split(' ')))
43         if len(data) != n_channels:
44             raise ValueError(f"found only {len(data)} channels") # if
45                 ↪ not all channels are present
46         return data
47     except Exception as e:
48         print(f"Ошибка чтения данных с Arduino: {e}")
49
50 emg_threshold = 135 # values above count arm as tense
51 emg_std_threshold = 20
52 n_channels=10 # for arduino to work, we use only first two
53 left_arm_channel=0 # 0 if A0 and so on
54 right_arm_channel=4
55
56 print("Попытка соединения с Arduino")
57 try:
58     arduino = serial.Serial('COM5', 115200)
59     core.wait(2)
60     print("Соединение с Arduino установлено.")
61 except Exception as e:
62     print(f"Ошибка подключения к Arduino: {e}")
63     core.quit()
64
65 # Create a window
66 win = visual.Window(size=(800, 600), color=(0, 0, 0))
67 running = True
68 data: list[list[int]] = [[], []]
69 data_required = 200
70 pacman = Pacman(win, gridSize=5, nTyrgets=4)
71 while running:
72     keys = event.getKeys()
73     if 'escape' in keys:
74         running = False
75     for _ in range(data_required):
76         received = read_arduino(n_channels)
77         if received:
78             data[0].append(received[left_arm_channel])
79             data[1].append(received[right_arm_channel])
80     left_tense, right_tense = arm_status(
81         np.array(data),
82         emg_std_threshold,
83         left_arm_channel,
84         right_arm_channel

```



```

84         )
85         move = get_move(left_tense, right_tense)
86         if move == "left":
87             pacman.left()
88         elif move == "up":
89             pacman.up()
90         elif move == "right":
91             pacman.right()
92         elif move == "down":
93             pacman.down()
94         data = [[], []]
95         win.flip()
96
97     # Close the window
98     win.close()

```

## Этап 10 / Подзадача 10

Загрузите набор данных [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024\\_data\\_real\\_train\\_final\\_2702.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024_data_real_train_final_2702.csv). В данном файле представлены записи ЭЭГ в шести отведениях: Cz, Pz, PO7, PO8, O1, O2. Частота оцифровки: 250 Гц. В файле представлены эпохи, соответствующие двум разным и типовым моментам в эксперименте: вспышка буквы на экране, за которой испытуемый следил, и вспышка буквы, за которой испытуемый не следил. Длительность эпох — 1 с, в данных находится 250 «блоков» по 6 сэмплов соответственно отведения ЭЭГ. В столбце `class` указан тип эпохи.

Разные эпохи, как целевые так и нецелевые, могут принадлежать разным людям (испытуемым).

Постройте на предложенных данных классификатор и проверьте его работу на тестовых данных, которые можно скачать по ссылке [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024\\_data\\_real\\_test\\_final\\_2702.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/2024_data_real_test_final_2702.csv).

В качестве ответа пришлите текстовый файл, содержащий последовательность 0 и 1, соответствующую классам эпох, находящимся в тестовом наборе данных. Пример оформления файла с ответом можно скачать по ссылке [https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/data\\_answers\\_example2702.csv](https://disk.yandex.ru/d/Pxcw2JtBCauPGA/data_answers_example2702.csv).

Балл за попытку вычисляется по формуле  $7 \cdot \text{abs}(1 - (1 - x) \cdot 2)$ , где  $x$  — доля совпадения присланного решения с верным ответом.

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** текстовый файл с набором меток 0 и 1.

**Количество баллов:** 7.

**Количество попыток:** 4.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9, 0,85.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 27.02.2025 г.



## Решение задачи

Пример решения задачи на Python см. ниже.

### Python

```

1
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3  """ульта228
4
5  Automatically generated by Colab.
6
7  Original file is located at
8      https://colab.research.google.com/drive/1NaEsGWavydoTjyYugc30Z-
      ↪ UHUGQQPWR9
9  """
10
11  pip install tensorflow
12
13  !pip install keras_tuner
14
15  import pandas as pd
16  import tensorflow.keras
17
18  import pandas as pd
19  import numpy as np
20  from sklearn.preprocessing import StandardScaler
21  from sklearn.model_selection import train_test_split
22  from tensorflow.keras.models import Sequential
23  from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense, Dropout
24  from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
25
26  import numpy as np
27  import pandas as pd
28  from sklearn.model_selection import train_test_split
29  from sklearn.utils.class_weight import compute_class_weight
30  from tensorflow.keras.models import Sequential
31  from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense, Conv1D,
32  ↪ BatchNormalization, MaxPooling1D, Dropout, Flatten
33  from tensorflow.keras.optimizers import Adam
34  from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
35  import keras_tuner as kt
36
37  df = pd.read_csv('/content/drive/MyDrive/10/data10.csv', sep=';')
38  new = []
39  # time, epoch, class, values
40  for i, row in df.iterrows():
41      for time, ind in enumerate(range(0, 1500, 6)):
42          new.append((time, i, row['class'], *row.tolist()[ind:ind+6]))
43
44  df = pd.DataFrame(new, columns=['time', 'epoch', 'class', '1', '2', '3', '4',
45  ↪ '5', '6'])
46
47  df
48
49  df.to_csv('/content/drive/MyDrive/10/new_df.csv')
50
51  def prepare_sequences(df):
52      epochs = df['epoch'].unique()
53      X = np.zeros((len(epochs), 250, 6))

```

```

52     y = np.zeros(len(epochs))
53
54     for i, epoch_num in enumerate(epochs):
55         epoch_data = df[df['epoch'] == epoch_num].sort_values('time')
56         X[i] = epoch_data[['str(i) for i in range(1, 7)']].values
57         y[i] = epoch_data['class'].iloc[0]
58
59     return X, y
60
61 def get_class_weights(y):
62     class_weights = compute_class_weight(
63         class_weight='balanced',
64         classes=np.unique(y),
65         y=y
66     )
67     return dict(enumerate(class_weights))
68
69 early_stopping = EarlyStopping(
70     monitor='val_loss',
71     patience=10,
72     restore_best_weights=True,
73     mode='min'
74 )
75
76 import numpy as np
77 import pandas as pd
78 from sklearn.model_selection import train_test_split
79 from sklearn.utils.class_weight import compute_class_weight
80 from tensorflow.keras.models import Sequential
81 from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense, Conv1D,
82     ↪ BatchNormalization, MaxPooling1D, Dropout, Flatten
83 from tensorflow.keras.optimizers import Adam
84 from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
85 import keras_tuner as kt
86
87 class P300HyperModel(kt.HyperModel):
88     def build(self, hp):
89         model = Sequential()
90
91         # Первый свёрточный блок
92         model.add(Conv1D(
93             hp.Int('conv1_filters', 16, 64, step=16),
94             kernel_size=hp.Choice('conv1_kernel', values=[3, 5, 7]),
95             padding='same',
96             input_shape=(250, 6)
97         ))
98         model.add(BatchNormalization())
99         model.add(MaxPooling1D(pool_size=2))
100         model.add(Dropout(hp.Float('dropout1', 0.1, 0.5, step=0.1)))
101
102         # Второй свёрточный блок
103         model.add(Conv1D(
104             hp.Int('conv2_filters', 32, 128, step=32),
105             kernel_size=hp.Choice('conv2_kernel', values=[3, 5, 7]),
106             padding='same'
107         ))
108         model.add(BatchNormalization())
109         model.add(MaxPooling1D(pool_size=2))
110         model.add(Dropout(hp.Float('dropout2', 0.1, 0.5, step=0.1)))

```

```

111     # LSTM блок
112     model.add(LSTM(
113         hp.Int('lstm_units', 32, 128, step=32),
114         return_sequences=True
115     ))
116     model.add(BatchNormalization())
117     model.add(Dropout(hp.Float('dropout3', 0.1, 0.5, step=0.1)))
118
119     # Выходной блок
120     model.add(Flatten())
121     model.add(Dense(
122         hp.Int('dense_units', 32, 128, step=32),
123         activation='relu'
124     ))
125     model.add(BatchNormalization())
126     model.add(Dropout(hp.Float('dropout4', 0.1, 0.5, step=0.1)))
127     model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))
128
129     # Оптимизатор
130     learning_rate = hp.Float('learning_rate', 1e-4, 1e-2,
131         ↪ sampling='log')
132     optimizer = Adam(learning_rate=learning_rate)
133
134     model.compile(
135         optimizer=optimizer,
136         loss='binary_crossentropy',
137         metrics=['accuracy']
138     )
139
140     return model
141
142 def find_best_hyperparameters(X_train, y_train, X_val, y_val):
143     # Создаем тюнер
144     tuner = kt.Hyperband(
145         P300HyperModel(),
146         objective='val_accuracy',
147         max_epochs=5,
148         factor=3,
149         directory='hyperparameter_tuning',
150         project_name='p300_classification'
151     )
152
153     # Колбэк для ранней остановки
154     early_stopping = EarlyStopping(
155         monitor='val_loss',
156         patience=5,
157         restore_best_weights=True
158     )
159
160     # Поиск оптимальных гиперпараметров
161     tuner.search(
162         X_train, y_train,
163         validation_data=(X_val, y_val),
164         callbacks=[early_stopping],
165         epochs=5
166     )
167
168     # Получаем лучшую модель
169     best_hps = tuner.get_best_hyperparameters(num_trials=1)[0]

```

```

170     return best_hps, tuner
171
172 X, y = prepare_sequences(df)
173 X_train, X_val, y_train, y_val = train_test_split(X, y, test_size=0.1)
174 class_weights = get_class_weights(y_train)
175
176 # Поиск лучших гиперпараметров
177 best_hps, tuner = find_best_hyperparameters(X_train, y_train, X_val,
178     ↪ y_val)
179
180 # Создание лучшей модели
181 best_model = tuner.hypermodel.build(best_hps)
182
183 # # Обучение лучшей модели
184 # history = best_model.fit(
185 #     X_train, y_train,
186 #     validation_data=(X_val, y_val),
187 #     epochs=100,
188 #     batch_size=32,
189 #     callbacks=[early_stopping],
190 #     class_weight=class_weights,
191 #     verbose=1
192 # )
193
194 # Обучение лучшей модели
195 history = best_model.fit(
196     X_train, y_train,
197     validation_data=(X_val, y_val),
198     epochs=60,
199     batch_size=32,
200     callbacks=[early_stopping],
201     class_weight=class_weights,
202     verbose=1
203 )
204
205 def train_and_evaluate_model(X_train, X_val, X_test, y_train, y_val,
206     ↪ y_test, best_hps, tuner):
207     """
208     Обучение оптимизированной модели и её оценка
209     """
210
211     # Оценка на тестовом наборе
212     test_metrics = best_model.evaluate(X_test, y_test, verbose=0)
213     print(f'Тестовая точность: {test_metrics[1]:.4f}')
214
215     # Прогнозы для подробного анализа
216     y_pred = best_model.predict(X_test)
217     y_pred_classes = (y_pred > 0.5).astype(int)
218
219     # Метрики для несбалансированных классов
220     from sklearn.metrics import classification_report,
221     ↪ confusion_matrix
222     print("\nОтчёт по классификации:")
223     print(classification_report(y_test, y_pred_classes))
224
225     print("\nМатрица ошибок:")
226     print(confusion_matrix(y_test, y_pred_classes))
227
228     return best_model, history

```

```

227 # Пример использования:
228
229 # Разделение данных на три части
230 X, y = prepare_sequences(df)
231 # Сначала отделяем тестовую выборку
232 X_temp, X_test, y_temp, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.1)
233 # Затем разделяем оставшиеся данные на обучающую и валидационную
234 X_train, X_val, y_train, y_val = train_test_split(X_temp, y_temp,
    ↪ test_size=0.2)
235
236 # Поиск лучших гиперпараметров
237 best_hps, tuner = find_best_hyperparameters(X_train, y_train, X_val,
    ↪ y_val)
238
239 # Обучение и оценка лучшей модели
240 best_model, history = train_and_evaluate_model(
241     X_train, X_val, X_test,
242     y_train, y_val, y_test,
243     best_hps, tuner
244 )
245
246 best_model.save('/content/drive/MyDrive/10/my_model.keras')
247
248 df = pd.read_csv('/content/drive/MyDrive/10/test10.csv', sep=';')
249 new = []
250 # time, epoch, class, values
251 for i, row in df.iterrows():
252     for time, ind in enumerate(range(0, 1500, 6)):
253         new.append((time, i, *row.tolist()[ind:ind+6]))
254
255 df = pd.DataFrame(new, columns=['time', 'epoch', '1', '2', '3', '4', '5',
    ↪ '6'])
256
257 epochs = df['epoch'].unique()
258 X = np.zeros((len(epochs), 250, 6))
259
260 for i, epoch_num in enumerate(epochs):
261     epoch_data = df[df['epoch'] == epoch_num].sort_values('time')
262     X[i] = epoch_data[[str(i) for i in range(1, 7)]].values
263
264 y_pred = best_model.predict(X)
265 y_pred_classes = (y_pred > 0.5).astype(int)
266 y_pred_classes = y_pred_classes.flatten().tolist()
267 y_pred = y_pred.flatten().tolist()
268
269 import random
270 outliers = {}
271 values_dict = {index: value for index, value in enumerate(y_pred)}
272
273 for index, value in values_dict.items():
274     if abs(value - 0) > 0.25 and abs(value - 1) > 0.25:
275         outliers[index] = value
276
277 outliers_keys = list(outliers.keys())
278 num_to_invert = len(outliers_keys) // 2
279 keys_to_invert = random.sample(outliers_keys, num_to_invert)
280
281 for key in keys_to_invert:
282     value = outliers[key]
283     inverted_value = 1 - value

```

```

284     outliers[key] = inverted_value
285
286     for index, new_value in outliers.items():
287         y_pred[index] = new_value
288
289     for index in range(len(y_pred)):
290         y_pred_classes[index] = 1 if y_pred[index] > 0.5 else 0
291
292     with open('/content/drive/MyDrive/10/output.csv', 'w') as file:
293         file.write(''.join([str(s) for s in y_pred_classes]))

```

Пример ответа:

11100001101111100011001010110001000010100101111110

## Этап 11 / Подзадача 11

Запишите ЭЭГ и визуализируйте потенциал П300 на основе работы оператора со стрелками, которые были реализованы на предыдущих задачах (воспользуйтесь инструкцией [https://disk.yandex.ru/i/OiBSO-23iK\\_ZhA](https://disk.yandex.ru/i/OiBSO-23iK_ZhA), в ней есть краткое пояснение о технике получения П300).

Задайте несколько (столько, сколько будет нужно) циклов подмигивания стрелками, чтобы собрать достаточное количество данных для качественного выделения компоненты П300 вызванного потенциала.

Визуализируйте вызванный потенциал во всех каналах ЭЭГ для целевых (за которыми оператор следил) и нецелевых (за которыми оператор не следил) подмигиваний стрелок.

Сделайте вывод об областях мозга оператора, в которых компонент П300 выражен наиболее ярко.

Рекомендуем выполнить задачу в среде Python 3.10. на стационарном ПК, который был выдан команде для работы.

Аккуратно следуйте правилам электробезопасности (<https://disk.yandex.ru/i/Ivnwg5kn1zwWPQ>), плату Arduino подключайте к ПК через гальваноразвязку, питание Arduino осуществляйте при помощи аккумулятора (у каждой команды в наличии два заряженных аккумулятора).

### Критерии оценивания

#### Формат ответа:

- скрипт в формате .py, при помощи которого осуществлялся сбор данных;
- скрипт для получения вызванного потенциала и визуализация вызванного потенциала — скрипт в формате .py или .ipynb;
- визуализация — в виде графического файла или внутри .ipynb;
- вывод об областях мозга оператора, где наиболее выражен П300 на основе визуального анализа полученного вызванного потенциала.

Скрипт для подмигивания стрелками и сбора данных ЭЭГ — 1 балл.

Скрипт для вычисления и визуализации (вместе с самой визуализацией) вызван-

ного потенциала для целевых и нецелевых подмигиваний стрелок — 3 балла.

Вывод об областях мозга оператора, где наиболее выражен компонент П300 вызванного потенциала — 2 балла.

**Количество баллов:** 6.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 27.02.2025 г.

## Решение задачи

Пример скрипта для процедуры стимуляции.

### Python

```

1  from psychopy import visual, event
2  import time
3  from random import randint
4  from math import sqrt
5  import serial
6  import threading
7  import numpy as np
8  import matplotlib.pyplot as plt
9  from matplotlib.animation import FuncAnimation
10 import csv
11
12 PORT = "COM11"
13 BAUDRATE = 115200
14 ser = serial.Serial(PORT, BAUDRATE, timeout=1)
15
16 EEG_data_watched = []
17 EEG_data_unwatched = []
18 snapshot = []
19 lock = threading.Lock()
20 stop_event = threading.Event()
21 watching_arr = 0
22
23
24 def start_window():
25     # psychopy variables
26     win = visual.Window(size=(800, 800))
27     state = 0
28
29     # длина стрелки, длина лепестков
30     l_arrow = 0.15
31     L = 2 * sqrt(2 * (l_arrow ** 2))
32
33     # начальные координаты стрелок
34     left_arrow_sc = -0.8
35     right_arrow_sc = 0.8
36     top_arrow_sc = 0.8
37     bottom_arrow_sc = -0.8
38
39     # creating arrows
40     left_arrow = [
41         visual.Line(win, start=(left_arrow_sc - 0.008, 0),
42             ↪ end=(left_arrow_sc - 0.008 + L, 0), lineWidth=10,
43                 colorSpace="rgb255"),

```

```

43     visual.Line(win, start=(left_arrow_sc, 0), end=(left_arrow_sc
44         ↪ + l_arrow, l_arrow), lineWidth=10,
45         colorSpace="rgb255"),
46     visual.Line(win, start=(left_arrow_sc, 0), end=(left_arrow_sc
47         ↪ + l_arrow, -l_arrow), lineWidth=10,
48         colorSpace="rgb255")]
49
50 right_arrow = [
51     visual.Line(win, start=(right_arrow_sc + 0.008, 0),
52         ↪ end=(right_arrow_sc + 0.008 - L, 0), lineWidth=10,
53         colorSpace="rgb255"),
54     visual.Line(win, start=(right_arrow_sc, 0),
55         ↪ end=(right_arrow_sc - l_arrow, l_arrow), lineWidth=10,
56         colorSpace="rgb255"),
57     visual.Line(win, start=(right_arrow_sc, 0),
58         ↪ end=(right_arrow_sc - l_arrow, -l_arrow), lineWidth=10,
59         colorSpace="rgb255")]
60
61 top_arrow = [
62     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc + 0.008), end=(0,
63         ↪ top_arrow_sc + 0.008 - L), lineWidth=10,
64         colorSpace="rgb255"),
65     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc), end=(l_arrow,
66         ↪ top_arrow_sc - l_arrow), lineWidth=10,
67         colorSpace="rgb255"),
68     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc), end=(-l_arrow,
69         ↪ top_arrow_sc - l_arrow), lineWidth=10,
70         colorSpace="rgb255")]
71
72 bottom_arrow = [
73     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc - 0.008), end=(0,
74         ↪ bottom_arrow_sc - 0.008 + L), lineWidth=10,
75         colorSpace="rgb255"),
76     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc), end=(l_arrow,
77         ↪ bottom_arrow_sc + l_arrow), lineWidth=10,
78         colorSpace="rgb255"),
79     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc), end=(-l_arrow,
80         ↪ bottom_arrow_sc + l_arrow), lineWidth=10,
81         colorSpace="rgb255")]
82
83 arrows = [left_arrow, top_arrow, right_arrow, bottom_arrow]
84
85 for arrow in arrows:
86     for arr in arrow:
87         arr.color = [0, 191, 255]
88         arr.draw()
89
90 win.flip()
91 return win, arrows, state
92
93 def add_snapshot(watched):
94     global snapshot
95     global EEG_data_watched
96     global EEG_data_unwatched
97     arr = []
98     arr.extend(snapshot)
99     if watched:
100         EEG_data_watched.append(arr)
101         print(1)
102     else:
103         EEG_data_unwatched.append(arr)
104         print(2)
105     snapshot=[]

```



```

92 def read_eeg():
93     global snapshot
94     global EEG_data_watched
95     global EEG_data_unwatched
96     while not stop_event.is_set():
97         try:
98             line = ser.readline().decode()
99             val = line.strip().split(',')
100             if len(val) == 10:
101                 with lock:
102                     values=[]
103                     for i in range(8):
104                         values.append(int(val[i]))
105                     snapshot += values
106         except Exception as e:
107             print("Ошибка чтения:", e)
108     with open("EEG_watched.csv", "w", newline="") as file:
109         writer = csv.writer(file)
110         writer.writerow(EEG_data_watched)
111     with open("EEG_unwatched.csv", "w", newline="") as file:
112         writer = csv.writer(file)
113         writer.writerow(EEG_data_unwatched)
114
115 def run_psychopy():
116     global snapshot
117     global watching_arr
118     win, arrows, state = start_window()
119     while not stop_event.is_set():
120         t = event.getKeys()
121         if t:
122             if state == 0:
123                 state = 1
124                 read_eeg_start()
125                 t.pop()
126             else:
127                 state = 2
128                 break
129
130         if state == 1:
131             r = randint(0, len(arrows) - 1)
132             cur_arr = arrows[r]
133             snapshot=[]
134             for element in cur_arr:
135                 element.color = [255, 105, 180]
136             for arrow in arrows:
137                 for arr in arrow:
138                     arr.draw()
139             win.flip()
140             time.sleep(0.75)
141
142             for element in cur_arr:
143                 element.color = [0, 191, 255]
144             for arrow in arrows:
145                 for arr in arrow:
146                     arr.draw()
147             win.flip()
148             if r==watching_arr:
149                 add_snapshot(True)
150             else:
151                 add_snapshot(False)

```

```

152         snapshot=[]
153         time.sleep(0.75)
154
155         stop_event.set()
156         time.sleep(1.75)
157         win.close()
158
159     def read_eeg_start():
160         eeg_thread = threading.Thread(target=read_eeg, daemon=True)
161         eeg_thread.start()
162
163     #psychopy_thread = threading.Thread(target=run_psychopy, daemon=True)
164     #psychopy_thread.start()
165
166     # ani = FuncAnimation(fig, update_plot, interval=1000)
167     # plt.show()
168     run_psychopy()

```

### Пример скрипта для визуализации вызванных потенциалов.

#### Python

```

1  import pandas as pd
2  import numpy as np
3  import matplotlib
4  matplotlib.use("TkAgg") # Используем стандартный бэкенд
5  import matplotlib.pyplot as plt
6  from scipy.ndimage import zoom
7  from mne.filter import filter_data
8
9  with open("EEG_watched.csv") as f:
10     lines_watched = [line.strip().split(",") for line in f]
11     min_cols_watched = min(len(row) for row in lines_watched)
12     data_watched = np.array([row[:min_cols_watched] for row in
13     ↪ lines_watched], dtype=float)
14     print(data_watched.shape)
15
16  with open("EEG_unwatched.csv") as f:
17     lines_unwatched = [line.strip().split(",") for line in f]
18     min_cols_unwatched = min(len(row) for row in lines_unwatched)
19     data_unwatched = np.array([row[:min_cols_unwatched] for row in
20     ↪ lines_unwatched], dtype=float)
21     print(data_unwatched.shape)
22
23     # data_watched=data_watched[4:5, :]
24     # data_unwatched=data_unwatched[4:5, :]
25
26     unwatched_channels = np.zeros((data_unwatched.shape[0], 8,
27     ↪ data_unwatched.shape[1]//8))
28     for i in range(data_unwatched.shape[0]):
29         for j in range(data_unwatched.shape[1]//8):
30             for e in range(8):
31                 unwatched_channels[i][e][j] = data_unwatched[i][j*6+e]
32
33     for i in range(unwatched_channels.shape[0]):
34         for e in range(unwatched_channels.shape[1]):
35             unwatched_channels[i][e] =
36             ↪ filter_data(unwatched_channels[i][e], sfreq=250, l_freq=1,
37             ↪ h_freq=40) # Применяем фильтр с 1 Гц до 40 Гц
38
39

```

```

34 watched_channels = np.zeros((data_watched.shape[0], 8,
    ↪ data_watched.shape[1]//8))
35 for i in range(data_watched.shape[0]):
36     for j in range(data_watched.shape[1]//8):
37         for e in range(8):
38             watched_channels[i][e][j] = data_watched[i][j*6+e]
39 for i in range(watched_channels.shape[0]):
40     for e in range(watched_channels.shape[1]):
41         watched_channels[i][e] = filter_data(watched_channels[i][e],
    ↪ sfreq=250, l_freq=1, h_freq=40)
42
43 num_of_try = 4
44 fig, ax = plt.subplots()
45 colors = ['b', 'g', 'r', 'c', 'm', 'y', 'k', '#ff7f00']
46 plt.figure(figsize=(25, 15))
47 for i in range(8):
48     plt.subplot(4, 2, i + 1)
49     plt.plot(watched_channels[num_of_try][i], color=colors[i])
50     plt.title(f"График для канала A{i}")
51     plt.legend()
52     plt.grid(True)
53 plt.suptitle("EEG сигналы целевые")
54 plt.savefig("eeg_watched_new.png", dpi=300)
55 plt.show()
56
57 fig, ax = plt.subplots()
58 colors = ['b', 'g', 'r', 'c', 'm', 'y', 'k', '#ff7f00']
59 plt.figure(figsize=(25, 15))
60 for i in range(8):
61     plt.subplot(4, 2, i + 1)
62     plt.plot(unwatched_channels[num_of_try][i], color=colors[i])
63     plt.title(f"График для канала A{i}")
64     plt.legend()
65     plt.grid(True)
66 plt.suptitle("EEG сигналы нецелевые")
67 plt.savefig("eeg_unwatched_new.png", dpi=300)
68 plt.show()

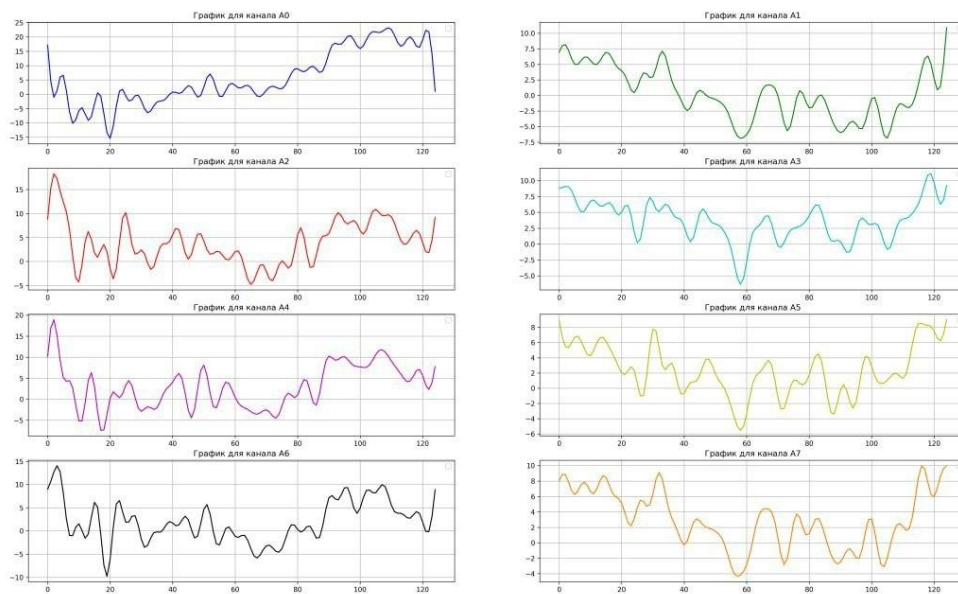
```

Визуализации вызванного потенциала, см. на рис. 4.3.7–4.3.8.

### Пример пояснения

Компонент Р300 — это потенциал, возникающий при совпадении ожидаемого стимула с настоящим. Он проявляется в виде пика, который наблюдается примерно через 300 мс после целевого стимула (того, который совпал с ожидаемым). При анализе графиков за несколько целевых и нецелевых эпох приходим к выводу, что данный компонент в целевых эпохах проявился, а в нецелевых не наблюдался. Построением схемы монтирования электродов и анализа полученных графиков было выяснено, что он наиболее явно проявлялся в теменной области головного мозга.

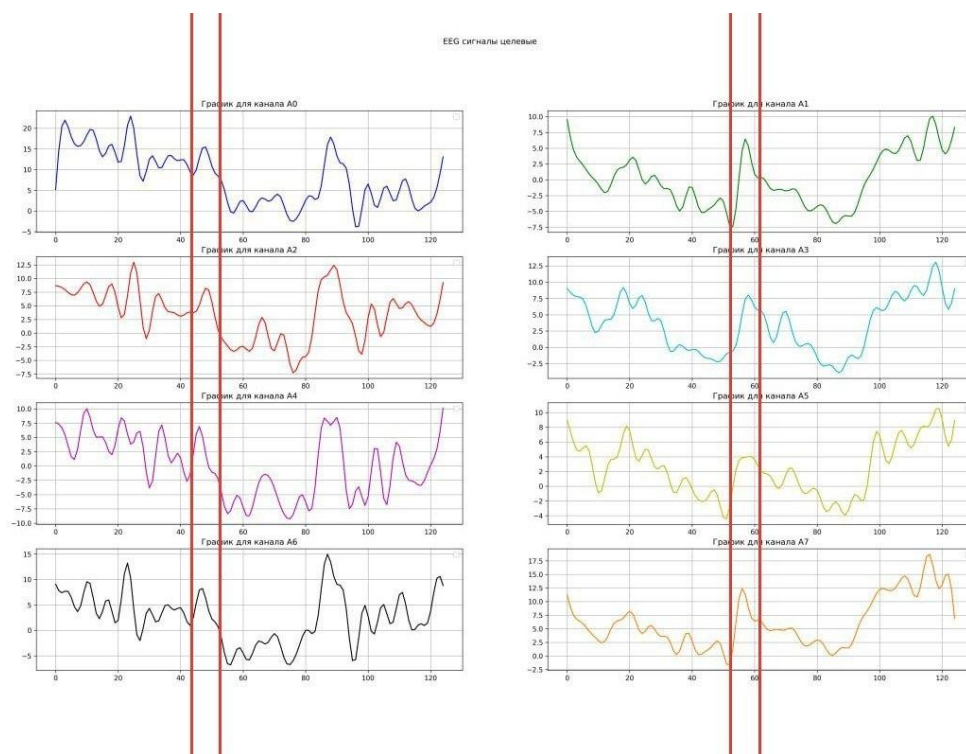
EEG сигналы нецелевые



компонент не наблюдается

Рис. 4.3.7

EEG сигналы целевые



компонент наблюдается в выделенных областях

Рис. 4.3.8

## Этап 12 / Подзадача 12

Разработайте интерфейс мозг-компьютер на волне П300, в котором оператор сможет через выбор стрелок «Вверх», «Вниз», «Влево» и «Вправо» управлять ходами Пакмана. Соберите данные для построения классификатора и обучите классификатор. Соедините классификатор с визуальной частью на PsychoPy со стрелками и Пакманом.

Задайте рабочее поле Пакмана —  $5 \times 5$  ячеек. Количество целей — 4. Размер ячеек подберите на свой вкус.

### Критерии оценивания

#### Формат ответа:

- скрипт, реализующий работу визуальной части (стрелки с Пакманом) совместно со сбором данных и работой классификатора;
- классификатор;
- видеозапись процесса работы разработанного скрипта с оператором, в кадре должны находиться монитор с окном PsychoPy, клавиатура и мышка, работа мышкой и клавиатурой в ходе работы скрипта не допускается, кроме нажатий клавиши «пробел» для запуска очередного цикла подмигиваний для выбора следующего хода; на видео должны быть хорошо видно «поедание» Пакманом целей на поле.

Видеофайл загружается на Гугл- или Яндекс-диск, ссылка на видео отправляется в теле письма, доступ к видео выставляется всем по ссылке. В случае некорректных настроек доступа к видео в качестве ответа оно засчитано не будет. Максимальная длительность видеофайла — 3 мин.

Альтернативный вариант — сдать задачу свободному эксперту на площадке. В таком случае по почте высылаются только скрипт. Однако не стоит всерьез надеяться на наличие свободного эксперта на площадке в последний час работы. Прием задачи экспертом не гарантируется при наличии у него очереди сдающих участников, занятости вопросами технического характера, истечению времени приема задачи и др. Невозможность приема задачи экспертом не является основанием для выдачи дополнительного времени на сдачу задачи. Максимальное время сдачи задачи эксперту — 3 мин.

Построение классификатора на собранных данных — 2 балла.

Поедание Пакманом каждой цели на поле — 2,5 балла.

**Количество баллов:** 12.

**Количество попыток:** 3.

**Дисконт за попытки:** 1, 0,95, 0,9.

**Срок сдачи:** 18:30 по Мск, 27.02.2025 г.

### Решение задачи

Пример скрипта Python для решения задачи см. ниже.

## Python

```

1  #coding:utf-8
2  import csv
3  import time
4
5  import numpy as np
6  import pandas as pd
7  from matplotlib import pyplot as plt
8  from psychopy import visual, event
9  import random
10 import serial
11 from time import sleep
12 from pacman import Pacman
13 from classification import g
14
15 win = visual.Window(fullscr=False)
16 gridSize = 5
17 cellSize = 0.2
18 nTyrgets = 4
19 pacman = Pacman(win, gridSize, cellSize, nTyrgets)
20 win.flip()
21
22 original_color = 'green'
23 active_color = 'red'
24 arrow_length = 0.4
25 side_length = 0.1535534 # катеты чтобы боковые были 50 пикселей
26 line_width = 10
27 time_to_sleep = 0.75
28
29 adata = {"leftx": [0], "rightx": [0], "upx": [0], "downx": [0],
30         ↪ "lefty": [0], "righty": [0], "upy": [0], "downy": [0]}
31 arrowslist = ["up", "right", "down", "left"]
32
33 hz = 256
34 port = '/dev/ttyACM0' # '/dev/ttyUSB0' for me
35 baudrate = 115200
36 ser = serial.Serial(port, baudrate=baudrate)
37 result = {"A0": [], "A4": []}
38 timer = []
39 ex = ["A0", "A4"]
40
41 def create_right(x, y):
42     main = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x - arrow_length, y),
43     ↪ lineWidth=line_width, autoDraw=True, lineColor=original_color)
44     line1 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x - side_length, y +
45     ↪ side_length / 2), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
46     ↪ lineColor=original_color)
47     line2 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x - side_length, y -
48     ↪ side_length / 2), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
49     ↪ lineColor=original_color)
50     return [main, line1, line2]
51
52 def create_left(x, y):
53     main = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x + arrow_length, y),
54     ↪ lineWidth=line_width, autoDraw=True, lineColor=original_color)
55     line1 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x + side_length, y +
56     ↪ side_length / 2), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
57     ↪ lineColor=original_color)

```

```

50     line2 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x + side_length, y -
    ↪ side_length / 2), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
    ↪ lineColor=original_color)
51     return [main, line1, line2]
52
53 def create_down(x, y):
54     main = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x, y + arrow_length),
    ↪ lineWidth=line_width, autoDraw=True, lineColor=original_color)
55     line1 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x + side_length / 2, y
    ↪ + side_length), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
    ↪ lineColor=original_color)
56     line2 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x - side_length / 2, y
    ↪ + side_length), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
    ↪ lineColor=original_color)
57     return [main, line1, line2]
58
59 def create_up(x, y):
60     main = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x, y - arrow_length),
    ↪ lineWidth=line_width, autoDraw=True, lineColor=original_color)
61     line1 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x + side_length / 2, y
    ↪ - side_length), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
    ↪ lineColor=original_color)
62     line2 = visual.Line(win, start=(x, y), end=(x - side_length / 2, y
    ↪ - side_length), lineWidth=line_width, autoDraw=True,
    ↪ lineColor=original_color)
63     return [main, line1, line2]
64
65 def recording():
66     values = {"A0": -1, "A4": -1}
67     while values["A0"] == -1 or values["A4"] == -1:
68         first_byte = ser.read(1).decode('utf-8', errors="ignore")
69         while first_byte != 'A':
70             first_byte = ser.read(1).decode('utf-8', errors="ignore")
71         header = "A" + ser.read(1).decode('utf-8', errors="ignore")
72         value = int.from_bytes(ser.read(1), byteorder='big')
73         if header in ex:
74             values[header] = value
75     return values["A0"], values["A4"]
76
77 def flusher():
78     print(1)
79     global result, timer, time_start
80     result = {"A0": [], "A4": []}
81     timer = []
82     time_start = time.time()
83     a0, a4 = [], []
84     for line in arrows["up"]:
85         line.color = original_color
86     win.flip()
87     for x in arrowslist:
88         for line in arrows[x]:
89             line.color = active_color
90     win.flip()
91     for i in range(200):
92         r, l = recording()
93         a0.append(l)
94         a4.append(r)
95         time.sleep(1/hz)
96     for line in arrows[x]:
97         line.color = original_color

```

```

98         win.flip()
99         for i in range(200):
100             r, l = recording()
101             a0.append(l)
102             a4.append(r)
103             time.sleep(1 / hz)
104
105         data = zip(a0, a4)
106         with open('res.csv', 'w', newline='') as csvfile:
107             writer = csv.writer(csvfile)
108             writer.writerow(['A0', 'A4'])
109             writer.writerows(data)
110
111     arrows = {
112         'right': create_right(0.95, 0),
113         'left': create_left(-0.95, 0),
114         'down': create_down(0, -0.95),
115         'up': create_up(0, 0.95)
116     }
117     win.flip()
118
119     flashing = False
120     active_arrow = None
121     is_flush = False
122
123     while True:
124         keys = event.getKeys()
125         if 'escape' in keys:
126             print("Выход из программы...")
127             break
128         elif 'space' in keys:
129             flusher()
130             key = int(g("res.csv")[0])
131             print(key, type(key))
132             if key == 0:
133                 pacman.up()
134             elif key == 1:
135                 pacman.right()
136             elif key == 2:
137                 pacman.down()
138             else:
139                 pacman.left()
140         win.flip()

```

## Этап 13 / Подзадача 13

Пройдите максимально быстро все целевые точки в «Пакмане», которые будут назначены случайным образом в тестовом программном модуле. Управление ходами Пакмана — через ЭМГ. Размер поля —  $8 \times 8$ , количество целей — 10. Обязательно наличие «нейтрального состояния» — после запуска работы программы (по клавише «пробел») при всех расслабленных мышцах Пакман стоит на месте. Если Пакман движется по полю при расслабленных мышцах оператора, попытка не засчитывается.

Один ход (действие оператора) — смещение Пакмана на одну ячейку. Пакман всегда стартует из верхнего левого угла (дефолтное состояние модуля).

Балл за точность начисляется по количеству съеденных целей —  $A$ . Коэффици-



ент за скорость вычисляется по формуле

$$K_t = \frac{t_{min}}{t},$$

где  $t$  — время выполнения задачи командой в секундах, а  $t_{min}$  — минимальное время (в секундах) выполнения задачи среди всех команд по данной задаче, коэффициент округляется до двух знаков после запятой. Итоговый балл команды вычисляется по формуле  $A \cdot K_t$ .

Максимальное время выполнения — **5 мин.** При досрочном завершении выполнения задачи (точки были собраны не все) время выполнения устанавливается максимально возможным — 5 мин.

Задача выполняется строго на компьютерах Кванториума. Компьютеры отключены от сети интернет. Из периферийных устройств к компьютеру подключен монитор, клавиатура, мышка и Arduino через гальваноразвязку. Иных периферийных устройств подключено быть не должно. После начала выполнения задачи по нажатию клавиши «пробел» запрещается нажимать какие-либо клавиши на клавиатуре и кнопки мыши. Перед началом сдачи задачи программа запускается несколько раз для подтверждения случайного характера расположения целей для Пакмана. Наличие любой «автоматики» в ходах Пакмана не принимается к оценке.

Время выполнения фиксируется от нажатия клавиши «пробел» для старта программы до достижения последней целевой точки.

Диапазон времени для сдачи задачи доступен по ссылке (<https://disk.yandex.ru/i/NA2d78U04nteGg>).

### Критерии оценивания

**Формат ответа:** видеозапись процесса работы команды, протокол судейской коллегии.

**Количество баллов:** 10 (1 балл за каждую соединенную точку при  $t = t_{min}$ ).

**Количество попыток:** 2.

**Дисконт:** отсутствует.

**Срок сдачи:** 16:00 по Мск, 28.02.2025 г.

### Решение задачи

Пример скрипта Python для решения задачи см. ниже.

#### Python

```
1 print("psychoimporting...")
2 from psychopy import visual, core, event
3 print("psychoimported!")
4 import numpy as np
5 import serial
6 import scipy.signal as sig
7 from pacman import Pacman
8 #coding:utf-8
9 from psychopy import visual, event
10 import numpy as np
11 from psychopy.visual.pie import Pie
```

```

12 import random
13
14 def colorchange(stim, color):
15     stim.color = color
16     stim.draw()
17
18 def arm_status(data: np.ndarray, threshold: float, leg_threshold:
↪ float):
19     stdleft = np.std(data[0])
20     stdright = np.std(data[1])
21     stdleg = np.std(data[2])
22     print(f"{stdleft=} {stdright=} {stdleg=}")
23     left_tense = stdleft > threshold
24     right_tense = stdright > threshold
25     leg_tense = stdleg > leg_threshold
26     # left_tense = ((data[0]**2).mean())**0.5 > threshold
27     # right_tense = ((data[1]**2).mean())**0.5 > threshold
28     print(left_tense, right_tense, leg_tense)
29     return left_tense, right_tense, leg_tense
30
31 def get_move(left_tense, right_tense, leg_tense):
32     if left_tense and not right_tense:
33         return "left"
34     if right_tense and not left_tense:
35         return "right"
36     if right_tense and left_tense:
37         return "up"
38     if leg_tense:
39         return "down"
40
41 def read_arduino(n_channels):
42     try:
43         line = arduino.readline().decode('utf-8').strip()
44         data = list(map(float, line.split(' ')))
45         if len(data) == n_channels:
46             return data
47         print(f"found {len(data)} channels instead of {n_channels}.")
48     except Exception as e:
49         print(f"Ошибка чтения данных с Arduino: {e}")
50     return
51
52 emg_std_threshold = 10
53 leg_std_threshold = 10
54 n_channels=10 # for arduino to work, we use only first two
55 left_arm_channel=1 # 0 if A0 and so on
56 right_arm_channel=4
57 leg_channel = 7
58 data_required = 8
59
60 print("Попытка соединения с Arduino")
61 try:
62     arduino = serial.Serial('COM5', 115200)
63     core.wait(2)
64     print("Соединение с Arduino установлено.")
65 except Exception as e:
66     print(f"Ошибка подключения к Arduino: {e}")
67     core.quit()
68
69 # Create a window
70 win = visual.Window(size=(800, 600), color=(0, 0, 0))

```

```

71 running = True
72 data: list[list[int]] = [[],[],[]]
73 pacman = Pacman(win, gridSize=8,nTytrgets=10)
74 win.flip()
75 event.waitKeys(keyList=["space"])
76 clock = core.Clock()
77 start = clock.getTime()
78 clock.reset()
79 while running:
80     keys = event.getKeys()
81     if 'escape' in keys or pacman.activeTargets == 0:
82         running = False
83     for _ in range(data_required):
84         received = read_arduino(n_channels)
85         if received:
86             data[0].append(received[left_arm_channel])
87             data[1].append(received[right_arm_channel])
88             data[2].append(received[leg_channel])
89         left_tense, right_tense, leg_tense = arm_status(
90             np.array(data),
91             emg_std_threshold,
92             leg_std_threshold
93         )
94         move = get_move(left_tense, right_tense, leg_tense)
95         print(move)
96         if move == "left":
97             pacman.left()
98         elif move == "up":
99             pacman.up()
100        elif move == "right":
101            pacman.right()
102        elif move == "down":
103            pacman.down()
104        data = [[],[],[]]
105        win.flip()
106
107 # Close the window
108 print("time:", clock.getTime(applyZero=True) - start)
109 win.close()

```

## Этап 14 / Подзадача 14

Пройдите максимально быстро все целевые точки в «Пакмане», которые будут назначены случайным образом в тестовом программном модуле. Управление ходами Пакмана — через ЭЭГ (ИМК на П300). Размер поля —  $7 \times 7$ , количество целей — 10.

Один ход (действие оператора) — смещение Пакмана на одну ячейку. Пакман всегда стартует из верхнего левого угла (дефолтное состояние модуля).

Балл за точность начисляется по «количеству съеденных целей», умноженных на 1,1 (1,1 балла за 1 цель) =  $A$ . Коэффициент за скорость вычисляется по формуле  $K_t = t_{min}/t$ , где  $t$  — время выполнения задачи командой в секундах, а  $t_{min}$  — минимальное время (в секундах) выполнения задачи среди всех команд по данной задаче, коэффициент округляется до двух знаков после запятой. Итоговый балл команды вычисляется по формуле  $A \cdot K_t$ .

Максимальное время выполнения задачи — **5 мин.** При досрочном завершении

выполнения задачи (точки были собраны не все) время выполнения устанавливается максимально возможным — 5 мин.

Задача выполняется строго на компьютерах Кванториума. Компьютеры отключены от сети интернет. Из периферийных устройств к компьютеру подключен монитор, клавиатура, мышка и Arduino через гальваноразвязку. Иных периферийных устройств подключено быть не должно. После начала выполнения задачи разрешается нажимать только клавишу «пробел» для запуска очередного цикла подмигиваний стрелок, запрещается нажимать какие-либо другие клавиши на клавиатуре и кнопки мыши. Перед началом сдачи задачи программа запускается несколько раз для подтверждения случайного характера расположения целей для Пакмана. Наличие любой «автоматики» в ходах Пакмана не принимается к оценке.

Время выполнения фиксируется от нажатия клавиши «пробел» для старта программы до достижения последней целевой точки.

Диапазон времени для сдачи задачи доступен по ссылке (<https://disk.yandex.ru/i/NA2d78U04nteGg>).

### **Критерии оценивания**

**Формат ответа:** видеозапись процесса работы команды, протокол судейской коллегии.

**Количество баллов:** 11 (1,1 балла за каждую съединенную точку при  $t = t_{min}$ ).

**Количество попыток:** 2.

Дисконт: отсутствует.

**Срок сдачи:** 16:00 по Мск, 28.02.2025 г.

### **Решение задачи**

Пример скрипта Python для решения задачи.

#### **Python**

```

1 from psychopy import visual, event
2 from math import sqrt
3 import numpy as np
4 import pandas as pd
5 from pacman import Pacman
6 import time
7 from random import randint, shuffle
8 import serial
9 import threading
10 import joblib
11 from mne.filter import filter_data
12 from sklearn.preprocessing import StandardScaler
13 from pyriemann.classification import MDM, FgMDM
14
15 n_epochs = 504
16 n_channels = 8
17 n_times = 172
18 pipeline = joblib.load('pipeline_model_2.pkl')
19 snapshot = []
20 lock = threading.Lock()
```

```

21 stop_event = threading.Event()
22
23 PORT = "COM3"
24 BAUDRATE = 115200
25 ser = serial.Serial(PORT, BAUDRATE, timeout=1)
26
27 def read_eeg():
28     global snapshot
29     while not stop_event.is_set():
30         try:
31             line = ser.readline().decode()
32             val = line.strip().split(',')
33
34             if len(val) == 10:
35                 with lock:
36                     values = []
37                     for i in range(8):
38                         values.append(int(val[i]))
39                     snapshot += values
40             else:
41                 print(val)
42         except Exception as e:
43             print("Ошибка чтения:", e)
44
45
46 def start_window():
47     # psychopy variables
48     win = visual.Window(size=(800, 800))
49     state = 0
50
51     # длина стрелки, длина лепестков
52     l_arrow = 0.15
53     L = 2 * sqrt(2 * (l_arrow ** 2))
54     w = 22
55
56     # начальные координаты стрелок
57     left_arrow_sc = -0.9
58     right_arrow_sc = 0.9
59     top_arrow_sc = 0.9
60     bottom_arrow_sc = -0.9
61
62     # creating arrows
63     left_arrow = [
64         visual.Line(win, start=(left_arrow_sc - 0.01, 0),
65             ↪ end=(left_arrow_sc - 0.01 + L, 0), lineWidth=w,
66                 colorSpace="rgb255"),
67         visual.Line(win, start=(left_arrow_sc, 0), end=(left_arrow_sc
68             ↪ + l_arrow, l_arrow), lineWidth=w,
69                 colorSpace="rgb255"),
70         visual.Line(win, start=(left_arrow_sc, 0), end=(left_arrow_sc
71             ↪ + l_arrow, -l_arrow), lineWidth=w,
72                 colorSpace="rgb255")]
73     right_arrow = [
74         visual.Line(win, start=(right_arrow_sc + 0.01, 0),
75             ↪ end=(right_arrow_sc + 0.01 - L, 0), lineWidth=w,
76                 colorSpace="rgb255"),
77         visual.Line(win, start=(right_arrow_sc, 0),
78             ↪ end=(right_arrow_sc - l_arrow, l_arrow), lineWidth=w,
79                 colorSpace="rgb255"),

```

```

75     visual.Line(win, start=(right_arrow_sc, 0),
76     ↪ end=(right_arrow_sc - l_arrow, -l_arrow), lineWidth=w,
77         colorSpace="rgb255")]
78 top_arrow = [
79     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc + 0.01), end=(0,
80     ↪ top_arrow_sc + 0.01 - L), lineWidth=w,
81         colorSpace="rgb255"),
82     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc), end=(l_arrow,
83     ↪ top_arrow_sc - l_arrow), lineWidth=w,
84         colorSpace="rgb255"),
85     visual.Line(win, start=(0, top_arrow_sc), end=(-l_arrow,
86     ↪ top_arrow_sc - l_arrow), lineWidth=w,
87         colorSpace="rgb255")]
88 bottom_arrow = [
89     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc - 0.01), end=(0,
90     ↪ bottom_arrow_sc - 0.01 + L), lineWidth=w,
91         colorSpace="rgb255"),
92     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc), end=(l_arrow,
93     ↪ bottom_arrow_sc + l_arrow), lineWidth=w,
94         colorSpace="rgb255"),
95     visual.Line(win, start=(0, bottom_arrow_sc), end=(-l_arrow,
96     ↪ bottom_arrow_sc + l_arrow), lineWidth=w,
97         colorSpace="rgb255")]
98 arrows = [left_arrow, top_arrow, right_arrow, bottom_arrow]
99
100 for arrow in arrows:
101     for arr in arrow:
102         arr.color = [0, 0, 0]
103         arr.draw()
104 win.flip()
105 return win, arrows, state
106
107 def run_psychopy():
108     read_eeg_start()
109     win, arrows, state = start_window()
110     gridSize = 7
111     cellSize = 0.1
112     nTyrgets = 10
113     pacman = Pacman(win, gridSize, cellSize, nTyrgets)
114
115     que = [0, 1, 2, 3]
116     i = 0
117     shuffle(que)
118     print(que)
119     while True:
120         t = event.getKeys()
121         if t:
122             if state == 0:
123                 state = 1
124                 t.pop()
125             else:
126                 state = 2
127                 break
128
129         if state == 1:
130             r = que[i]
131             i += 1
132             if i == len(que):
133                 i = 0

```

```

128         shuffle(que)
129         print(que)
130     cur_arr = arrows[r]
131     # snapshot = []
132     for element in cur_arr:
133         element.color = [255, 255, 255]
134     for arrow in arrows:
135         for arr in arrow:
136             arr.draw()
137     win.flip()
138     time.sleep(0.5)
139
140     for element in cur_arr:
141         element.color = [0, 0, 0]
142     for arrow in arrows:
143         for arr in arrow:
144             arr.draw()
145     win.flip()
146     time.sleep(0.5)
147     was = check_p300()
148     snapshot = []
149     if was and r == 0:
150         pacman.left()
151     elif was and r == 2:
152         pacman.right()
153     elif was and r == 1:
154         pacman.up()
155     elif was and r == 3:
156         pacman.down()
157     else:
158         pass
159
160     # if r==watching_arr:
161     #     add_snapshot(True)
162     # else:
163     #     add_snapshot(False)
164     # snapshot=[]
165     time.sleep(1.75)
166     win.close()
167
168 def check_p300():
169     global snapshot
170     cur = [snapshot[len(snapshot) - n_times * 8:]]
171
172
173     X_splitted = np.zeros((1, 8, n_times))
174     for i in range(1):
175         for j in range(n_times):
176             for e in range(n_channels):
177                 if(cur[i][j * 8 + e]):
178                     X_splitted[i][e][j] = cur[i][j * 8 + e]
179
180
181
182     X_splitted = X_splitted.reshape(1, 8, 43, 4)
183     X_splitted = X_splitted.mean(axis=3)
184     #
185     #     for i in range(X_splitted.shape[0]):
186     #         for e in range(n_channels):

```

```

187 #           X_splitted[i][e] = filter_data(X_splitted[i][e],
↳ sfreq=250, l_freq=1, h_freq=40) # Применяем фильтр с 1 Гц до 40
↳ Гц
188 #
189
190 # Предсказываю классы для тест данных
191 predictions = pipeline.predict(X_splitted)
192 # predictions_binary = (predictions > 0.5).astype(int)
193 print(predictions, X_splitted.shape)
194 return predictions[0]
195
196 def read_eeg_start():
197     eeg_thread = threading.Thread(target=read_eeg, daemon=True)
198     eeg_thread.start()
199
200 run_psychopy()

```

### 4.3.6. Материалы для подготовки

1. <http://www.bitronicslab.com/guide/>.
2. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLQu4ZlRw9NvtRA3OI9S-abAgmo0oGle2vL>.
3. <http://edurobots.ru/kurs-arduino-dlya-nachinayushhix/>.
4. [http://brainseminar.ru/?page\\_id=253](http://brainseminar.ru/?page_id=253).
5. <https://ntcontest.ru/upload/iblock/b9b/b9b6120243ba5603f9ccc71b60b87c77.pdf>.
6. [https://drive.google.com/open?id=1\\_LoQASIySU23PxcvpIeV8UQgVDMo47Wf](https://drive.google.com/open?id=1_LoQASIySU23PxcvpIeV8UQgVDMo47Wf).
7. <https://stepik.org/course/67/promo>.
8. [https://www.youtube.com/playlist?list=PLYw3n\\_vP4f8dOmHegKkYUjioE0BmqXA8x](https://www.youtube.com/playlist?list=PLYw3n_vP4f8dOmHegKkYUjioE0BmqXA8x).
9. [https://www.youtube.com/playlist?list=PLZntC\\_OlEOglu6eXzidURAwT4wq4c6B7l](https://www.youtube.com/playlist?list=PLZntC_OlEOglu6eXzidURAwT4wq4c6B7l).
10. <https://www.booksmed.com/fiziologiya/1777-vyzvannye-potencialy-mozga-v-norme-i-patologii-shagas-prakticheskoe-posobie.html>.
11. <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-event-related-potential-technique-second-edition>.



## 5. Критерии определения победителей и призеров

### Первый отборочный этап

В первом отборочном этапе участники решали задачи предметного тура по двум предметам: информатике и биологии и инженерного тура. В каждом предмете максимально можно было набрать 100 баллов, в инженерном туре 100 баллов. Для того чтобы пройти во второй этап, участники должны были набрать в сумме по обоим предметам и инженерному туру не менее 5,0 баллов, независимо от уровня.

### Второй отборочный этап

Количество баллов, набранных при решении всех задач второго отборочного этапа, суммируется. Победители второго отборочного этапа должны были набрать не менее 163,0 баллов, независимо от уровня.

### Заключительный этап

#### *Индивидуальный предметный тур*

- информатика — максимально возможный балл за все задачи — 100 баллов;
- биология — максимально возможный балл за все задачи — 100 баллов.

#### *Командный инженерный тур*

Команды заключительного этапа получали за командный инженерный тур от 0 до 100,00 баллов: команда, набравшая наибольшее число баллов среди других команд, становилась командой-победителем.

Все результаты команд нормировались по формуле:

$$\frac{100 \times x}{MAX},$$

где  $x$  — число баллов, набранных командой,

$MAX$  — число баллов, максимально возможное за инженерный тур.

В заключительном этапе олимпиады индивидуальные баллы участника складываются из двух частей, каждая из которых имеет собственный вес: баллы за индивидуальное решение задач по предмету 1 (информатика) с весом  $K_1 = 0,15$ ,

по предмету 2 (биология) с весом  $K_2 = 0,15$ , баллы за командное решение задач инженерного тура с весом  $K_3 = 0,7$ .

Итоговый балл определяется по формуле:

$$S = K_1 \cdot S_1 + K_2 \cdot S_2 + K_3 \cdot S_3,$$

где  $S_1$  — балл первой части заключительного этапа по информатике (предметный тур) ( $S_{1 \text{ макс}} = 100$ );

$S_2$  — балл первой части заключительного этапа по биологии (предметный тур) ( $S_{2 \text{ макс}} = 100$ );

$S_3$  — итоговый балл инженерного командного тура ( $S_{3 \text{ макс}} = 100$ ).

Итого максимально возможный индивидуальный балл участника заключительного этапа — 100 баллов.

### ***Критерий определения победителей и призеров***

Чтобы определить победителей и призеров (независимо от класса) на основе индивидуальных результатов участников, был сформирован общий рейтинг всех участников заключительного этапа. С начала рейтинга были выбраны 2 победителя и 6 призеров (первые 25% участников рейтинга становятся победителями или призерами, из них первые 8% становятся победителями, оставшиеся — призерами).

### ***Критерий определения победителей и призеров (независимо от уровня)***

Категория	Количество баллов
Победители	64,42 и выше
Призеры	От 60,52 до 63,97

## 6. Работа наставника после НТО

Участие школьника в Олимпиаде может завершиться после любого из этапов: первого или второго отборочных, либо после заключительного этапа. В каждом случае после завершения участия наставнику необходимо провести с учениками рефлексию — обсудить полученный опыт и проанализировать, что позволило достичь успеха, а что привело к неудаче. Подробные материалы о проведении рефлексии представлены в курсе «Наставник НТО»: <https://academy.sk.ru/events/310>.

Наставнику важно проинформировать руководство образовательного учреждения, если его учащиеся стали финалистами, призерами и победителями. Публичное признание высоких результатов дополнительно повышает мотивацию.

В процессе рефлексии с учениками, не ставшими призерами или победителями, рекомендуется уделить особое внимание особенностям командной работы: распределению ролей, планированию работы, возникающим проблемам. Для этого могут использоваться опросники для самооценки собственной работы и взаимной оценки участниками других членов команды (Р2Р). Они могут выявить внутренние проблемы команды, для решения которых в план подготовки можно добавить мероприятия, направленные на ее сплочение.

Стоит рассказать, что в истории НТО было много примеров, когда не победив в первый раз, на следующий год участники показывали впечатляющие результаты, одержав победу сразу в нескольких профилях. Конечно, важно отметить, что так происходит только при учете прошлых ошибок и подготовке к Олимпиаде в течение года.

Важным фактором успешного участия в следующих сезонах НТО может стать поддержка родителей учеников. Знакомство с ними помогает наставнику продемонстрировать важность компетенций, развиваемых в процессе участия в НТО, для будущего образования и карьеры школьников. Поддержка родителей помогает мотивировать участников и позволяет выделить необходимое время на занятия в кружке.

С участниками-выпускниками наставнику рекомендуется обсудить их дальнейшее профессиональное развитие и его связь с выбранными профилями НТО. Отдельно можно обратить внимание на льготы для победителей и призеров, предлагаемые в вузах с интересующими ученика направлениями. Кроме того, ряд вузов предлагает льготы для всех финалистов НТО, а также учитывает результаты Конкурса цифровых портфолио «Талант НТО».