



# НТО

## МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

Всероссийской междисциплинарной олимпиады школьников

«Национальная технологическая олимпиада»

по профилю

«Цифровые сенсорные системы»

2023/24 учебный год

*<http://ntcontest.ru>*

УДК 373.5.016:004.9  
ББК 74.263.2  
Ц75

Авторы:

И.Н. Горбатый, В.Б. Гундырев, Д.А. Казаков, С.С. Карташев, К.Ю. Красов,  
И.А. Кобец, Н.Ю. Кузнецов, Ю.И. Новиков

Ц75 Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8-11 класса  
«Национальная технологическая олимпиада». Учебно-методическое пособие  
Том 41 **Цифровые сенсорные системы**  
—М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. — 166 с.

ISBN 978-5-00147-631-3

Данное пособие разработано коллективом авторов на основе опыта проведения всероссийской междисциплинарной олимпиады школьников 8-11 класса «Национальная технологическая олимпиада» в 2023/24 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 2023/24 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:

20.00.00 Техносферная безопасность и природообустройство

22.00.00 Технологии материалов

01.00.00 Математика и механика

02.00.00 Компьютерные и информационные науки

09.00.00 Информатика и вычислительная техника

10.00.00 Информационная безопасность

11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи

12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

27.00.00 Управление в технических системах

28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы

44.00.00 Образование и педагогические науки

ISBN 978-5-00147-631-3

УДК 373.5.016:004.9

ББК 74.263.2



9 785001 476313 >

# Оглавление

<b>1 Введение</b>	<b>5</b>
<b>2 Цифровые сенсорные системы</b>	<b>17</b>
<b>I Работа наставника НТО на первом отборочном этапе</b>	<b>19</b>
<b>II Первый отборочный этап</b>	<b>20</b>
<b>II.1 Предметный тур. Информатика и информационные технологии</b>	<b>20</b>
II.1.1 Первая волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	20
II.1.2 Вторая волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	32
II.1.3 Третья волна. Задачи 8–11 класса . . . . .	43
<b>II.2 Предметный тур. Физика</b>	<b>57</b>
II.2.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	57
II.2.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	62
II.2.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	67
II.2.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	72
II.2.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	77
II.2.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	83
<b>II.3 Инженерный тур</b>	<b>89</b>
II.3.1 Задачи по компетенциям «Программирование на Python» . . . . .	89
II.3.2 Задачи по компетенциям «Электроника и Цифровая обработка сигнала»	94
II.3.3 Задачи по компетенциям «Визуализация» . . . . .	107
<b>III Работа наставника НТО на втором</b>	

---

отборочном этапе	111
<b>IV Второй отборочный этап</b>	<b>112</b>
IV.1 Индивидуальные задачи	112
IV.2 Командные задачи	116
<b>V Работа наставника НТО при подготовке к заключительному этапу</b>	<b>121</b>
<b>VI Заключительный этап</b>	<b>122</b>
<b>VI.1 Предметный тур</b>	<b>122</b>
VI.1.1 Информатика и информационные технологии. 8–11 классы . . . . .	122
VI.1.2 Физика. 8–9 классы . . . . .	131
VI.1.3 Физика. 10–11 классы . . . . .	137
<b>VI.2 Инженерный тур</b>	<b>144</b>
VI.2.1 Общая информация . . . . .	144
VI.2.2 Легенда задачи . . . . .	144
VI.2.3 Требования к команде и компетенциям участников . . . . .	145
VI.2.4 Оборудование и программное обеспечение . . . . .	145
VI.2.5 Описание задачи . . . . .	146
VI.2.6 Этапы решения . . . . .	148
VI.2.7 Система оценивания . . . . .	149
VI.2.8 Решение задачи . . . . .	150
VI.2.9 Материалы для подготовки . . . . .	161
<b>VII Критерии определения победителей и призеров</b>	<b>163</b>
<b>VIII Работа наставника после НТО</b>	<b>165</b>

# Введение

## Национальная технологическая олимпиада

Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников «Национальная технологическая олимпиада» (далее — 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».

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.

Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада» — это командная инженерная Олимпиада, позволяющая школьникам работать в 41-м инженерном направлении. 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 девятом сезоне (2023–24 гг.) самых масштабных в России командных инженерных соревнованиях подали более 141 тысячи школьников и студентов из всех регионов страны и семи зарубежных государств: Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Киргизии, Молдовы, Узбекистана и Черногории. Общий охват олимпиады с 2015 года превысил 660 000 участников. <https://journal.kruzhok.org/tpost/pggs3bp7y1-tehnologicheskaya-podgotovka-inzhenernih>



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

- 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 и ведущими экспертами, а также найти единомышленников.

## *Ценности НТО*

**Национальная технологическая олимпиада** — командные инженерные соревнования для школьников и студентов. Особое пространство Олимпиады создают общие ценности и смыслы, которые предлагается разделять всем: участникам, организаторам, наставникам, экспертам.

**Основа всей олимпиады** — это современное технологическое образование как новый уклад жизни в современном мире. Этот уклад подразумевает доступность качественного образования для каждого заинтересованного человека, возможность постепенно и непрерывно учиться и развиваться, совместно создавать среду, в которой гуманитарное знание и новые технологии взаимно дополняют друг друга. Это идеал будущего общества. Участники Олимпиады уже сейчас попадают в такое будущее.

Как организаторы мы надеемся, что принципы, заложенные в основу НТО, станут общими принципами для всех, кто имеет отношение к Олимпиаде.

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

В соревнованиях и подготовке к ним мы адаптируем реальные задачи современной науки и производства к знаниям и навыкам, которые могут освоить школьники и студенты. Задачи имеют прикладное значение для людей и не оторваны от реальности. Мы стремимся к тому, чтобы участники понимали, для чего нужно решать такие задачи, кому в мире станет лучше, если они будут решаться системно и профессионально. Ценность Олимпиады заключается в том, что здесь можно попробовать себя в этом, и найти единомышленников для решения подобных задач в будущем.

## *Создавать, а не только потреблять*

Создание новых решений мы ставим выше стремления потреблять уже созданное. Создание ценности для других ставим выше поиска личной выгоды. Это не значит, что нужно забыть о себе и самоотверженно посвятить всю свою жизнь делу технологического прогресса. Но творчество всегда приносит большую радость, чем потребление. Это относится и ко всей олимпиаде.

Олимпиада — это общее дело организаторов, партнеров и участников. Способность принимать проблемы олимпиады как свои и пытаться решить их ценнее для творческого человека, чем желание найти недостатки в работе других.

### *Работать в команде*

Способность работать в команде — это не только эффективная стратегия действия в современном мире. Работа в команде не отрицает наличия свободной воли каждого конкретного участника, его значимости и права на собственное мнение. Но в сообществе мы стремимся достигнуть общей цели, опираясь на взаимное уважение всех участников, учитывая интересы и слабые и сильные стороны каждого.

Команды формируют целые сообщества, которые имеют сходные цели и ценности и могут очень многое, поскольку сильные горизонтальные связи помогают реализовывать самые дерзкие и амбициозные задачи. Это то, что нужно для технологического развития. Мы заняты построением такого сообщества и надеемся, что вы захотите стать его частью.

### *Осваивать и ответственно развивать новые технологии*

Сообщество Национальной технологической олимпиады — часть Кружкового движения НТИ. Это прежде всего сообщество людей, увлеченных современными технологиями. Нас всех объединяет стремление разобраться в них, создать что-то новое и найти таких же увлеченных единомышленников.

Мы — часть сообщества технологических энтузиастов, и для нас границы возможностей технологий всегда подвижны. Именно поэтому просим не забывать об этике инженера и ученого, ответственности за свои изобретения перед людьми, которых это касается. Творя новое, не навреди!

### *Играть честно и пробовать себя*

Мы признаем, что победа в соревнованиях важна и нужна. Но утверждаем, что для победы не все средства хороши и цель не является оправданием для грязной игры. Победа должна быть заслужена в рамках правил, единых для всех. Человек, который играет честно, не будет списывать, интриговать, подставлять других и заниматься прочей нездоровой конкуренцией.

Человек, который играет честно, — уважает себя, свою команду и соперников. Он принимает правила игры и в заданных рамках доказывает право на победу.

Мы бережем пространство Олимпиады как безопасное для всех участников. Это помогает искать себя, и при этом не бояться пробовать новые задачи, определять свой дальнейший путь, учиться на ошибках и каждый год становиться более сильным и подготовленным.

### *Быть человеком*

Соревнования — это очень сложный и эмоционально насыщенный процесс. Что бы он приносил радость и пользу всем, мы призываем всех участников вести себя порядочно и думать не только о себе.

Вежливость, эмпатия и забота — вот что делает процесс комфортным и полезным для всех. Мы ценим уважение труда каждого человека и его позиции, бережное отношение к работе и жизни каждого. И просим отказаться от токсичной оценочной критики — она не решит ваши проблемы, а сделает хуже вам, другому и всей

Олимпиаде в целом.

Человек, который остается человеком, умеет признавать ошибки и отвечать за слова и дела перед другими. Здесь это ценят. Встав перед альтернативой между сиюминутной выгодой, капризом и общей целью соревнования — человек выберет последнее и поможет другим, организаторам и участникам, поддержать эту цель.

**Важное замечание.** Этот текст — живое выражение смыслов и ценностей Национальной технологической олимпиады. Он будет меняться вместе с развитием нашего сообщества. Авторы с благодарностью примут помощь от всех, кто чувствует сопричастность ценностям и готов включиться в их доработку.

## *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 направлениям:

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

В 2023/24 учебном году 28 профилей НТО включены в Перечень олимпиад школьников, 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, что 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 старшеклассников проводится в три этапа:

- Первый отборочный этап — заочный индивидуальный. На данном этапе участникам предлагаются задачи по двум предметам, соответствующим тому или



иному профилю, а также задания, формирующие теоретические знания и представления по направлениям выбранных профилей.

- Второй отборочный этап — заочный командный. На данном этапе участникам предлагаются индивидуальные компетентностные и командные задачи, связанные с направлением выбранного профиля.
- Заключительный этап — очный командный. Этап представляет собой очные соревнования длительностью 5–6 дней, куда приезжают команды со всей страны, успешно справившиеся с двумя отборочными этапами, и решают комплексные прикладные инженерные задачи.

### *Профили НТО 2023/24 учебного года и соответствующий уровень РСОШ*

#### **Профили II уровня РСОШ**

- Автоматизация бизнес-процессов
- Беспилотные авиационные системы
- Водные робототехнические системы
- Инженерные биологические системы
- Интеллектуальные робототехнические системы
- Нейротехнологии и когнитивные науки
- Технологии беспроводной связи

#### **Профили III уровня РСОШ**

- Автономные транспортные системы
- Анализ космических снимков и геопространственных данных
- Аэрокосмические системы
- Большие данные и машинное обучение
- Геномное редактирование
- Интеллектуальные энергетические системы
- Информационная безопасность
- Искусственный интеллект
- Летящая робототехника
- Наносистемы и наноинженерия
- Новые материалы
- Передовые производственные технологии
- Разработка компьютерных игр
- Спутниковые системы
- Технологии виртуальной реальности
- Технологии дополненной реальности
- Технологическое предпринимательство
- Умный город
- Фотоника
- Цифровые технологии в архитектуре
- Ядерные технологии

#### **Профили без уровня РСОШ**

- Научная медиакоммуникация
- Программная инженерия в финансовых технологиях
- Современная пищевая инженерия
- Технологическое мейкерство
- Урбанистика
- Цифровое производство в машиностроении
- Цифровой инжиниринг в строительстве
- Цифровые сенсорные системы

### **Новые профили без уровня РСОШ**

- Инфохимия
- Квантовый инжиниринг
- Технологии компьютерного зрения и цифровые сервисы
- Цифровая гидрометеорология
- Цифровое месторождение

Обратите внимание, что в олимпиаде 2024/25 года список профилей, в т.ч. входящих в РСОШ, и уровни РСОШ — могут поменяться.

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

- учащихся технологических кружков, любители инженерных и робототехнических соревнований;
- олимпиадников, которым интересны межпредметные олимпиады;
- фанатов и адептов передовых технологий;
- школьников, участвующих в хакатонах, проектных конкурсах и школах;
- будущих предпринимателей, намеревающихся найти на Олимпиаде единомышленников для будущего стартапа;
- увлекающихся школьников, которые хотят видеть предмет шире учебника.

Познакомить школьников с НТО и ее направлениями, замотивировать принять участие в НТО можно с помощью специальных мероприятий: Урок НТО и Дни НТО. Как педагогу провести Урок НТО, или как в образовательном учреждении организовать День НТО можно познакомиться в методических рекомендациях на сайте НТО. Там же можно выбрать и скачать необходимые уроки и подборки материалов по направлениям <https://nti-lesson.ru/>.



Участвуя в НТО, школьники получают возможность работать с практикоориентированными задачами в области прорывных технологий, собирать команды единомышленников, включаться в профессиональное экспертное сообщество, а также заработать льготы для поступления в вузы.

У НТО есть площадки подготовки по всей стране, которые занимаются привлечением участников и проводят мероприятия по подготовке к соревнованиям. Они могут быть открыты:

- в организациях общего и дополнительного образования;
- на базе частных кружков в области программирования, робототехники и иных технологий;
- в вузах;
- технопарках

и других организациях.

Каждое образовательное учреждение, ученики которого участвуют в НТО или НТО Junior, может стать площадкой подготовки к олимпиаде, что дает возможность включиться в Кружковое движение НТИ.

На сайте НТО размещены инструкции о том, как организация может стать площадкой подготовки: <https://ntcontest.ru/mentors/stat-ploshadkoi/>. Условия регистрации и требования к работе площадок подготовки обновляются вместе с развитием олимпиады. Обновленная версия размещается на сайте перед началом нового цикла олимпиады.



## Наставники НТО

В НТО большое внимание уделяется работе с наставниками. Наставник НТО оказывает всестороннюю поддержку участникам Олимпиады, помогая решать организационные вопросы и развивать как технические знания и компетенции, так и социальные навыки, связанные с работой в команде.

Наставником может стать любой человек, которому интересно сопровождать участников и помогать им формировать необходимые для решения технологических задач компетенции и готовиться к соревнованиям. Это может быть преподаватель школы или вуза, педагог дополнительного образования, руководитель кружка, эксперт в технологической области, представитель бизнеса и т. п. Если наставнику не хватает собственных знаний, он может привлекать коллег и внешних экспертов и

поддерживать усилия и мотивацию учеников, которые разбирают задачи самостоятельно. На данный момент сообщество наставников НТО включает в себя более 7 тысяч человек.

Главная задача наставника — выстроить комплексную структуру подготовки к Олимпиаде в течение всего учебного года. В области ответственности наставника находится поддержка мотивации участников и помощь в решении возникающих проблем. Не менее важно зафиксировать цели и ожидания от предстоящих соревнований, что поможет оценить прирост профессиональных компетенций, личных и командных навыков за время подготовки.

Примеры организационных задач, которые стоят перед наставником НТО:

- Информирование и работа с мотивацией. На этапе регистрации на Олимпиаду наставник привлекает участников, рассказывая, что такое НТО и какие преимущества она предлагает. Наставнику необходимо разобраться в устройстве НТО, этапах и расписании этапов, а также изучить профили, чтобы помочь каждому ученику выбрать наиболее перспективные и интересные для него направления.
- Формирование программы подготовки. Наставник составляет график подготовки к НТО и следит за его реализацией, руководя процессом подготовки учеников.
- Отслеживание сроков. Наставник следит за сроками проведения этапов НТО и напоминает участникам о необходимости своевременной загрузки решений на платформу.

Примеры задач наставника, связанных с непосредственной подготовкой к соревнованиям:

- Анализ компетенций участников. Наставник вместе с учениками оценивает компетенции, которые необходимы для успешного участия в НТО, выявляет нехватку знаний и навыков и отбирает материалы и задачи, которые ученикам нужно изучить и решить.
- Содержательная подготовка к первому и второму отборочному этапу. Наставник вместе с учениками изучает материалы для подготовки, рекомендованные разработчиками выбранных профилей, а также разбирает и решает задачи НТО прошлых сезонов. Рекомендуется использовать записи вебинаров, материалы и онлайн-курсы профилей.
- Содержательная подготовка к заключительному этапу. Наставник может использовать разборы задач заключительного этапа прошлых лет, а также следить за расписанием подготовительных очных и дистанционных мероприятий и рекомендовать ученикам их посещать.

Примеры задач наставника в области развития социальных навыков, связанных с развитием личной эффективности и взаимодействия с другими участниками:

- Формирование команд. Второй отборочный этап НТО проходит в командном формате. Наставник помогает ученикам сформировать эффективную команду с оптимальным распределением ролей. В ряде случаев он может содействовать в поиске недостающих участников команды, в том числе в других городах и стать наставником такой команды, коммуникация в которой осуществляется через web-сервисы.
- Отслеживание прогресса и анализ полученного опыта. Наставник проводит ре-

флексию прогресса отдельных участников и команды по результатам каждого этапа НТО и после завершения участия в соревнованиях. Это помогает участникам оценить свое движение по траектории соревнований, сильные и слабые стороны, сформулировать, каких компетенций не хватило для более высокого результата и как их можно улучшить в будущем.

- Поддержка и мотивирование участников. Наставник поддерживает интерес учеников к соревнованиям, а также помогает им сохранять высокую мотивацию, что особенно важно, если команда показала результаты хуже, чем ожидалось.
- Выстраивание индивидуальной образовательной траектории. Наставник может помочь ученикам осознанно создать собственную траекторию развития, в том числе вне НТО: подбор обучающих курсов и соревнований, выбор вуза и направления дальнейшего обучения.

## 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/promo>. Курс формирует общие представления о работе наставников в области подготовки участников к инженерным соревнованиям.



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



Наставникам для ведения занятий с учениками предлагаются образовательные программы, разработанные на основе восьмилетнего опыта организации подготовки к НТО. В настоящий момент такие программы представлены по 10-ти передовым технологическим направлениям:

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

и др.

<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.

Формируется сообщество наставников НТО. Ежегодно Кружковое движение НТИ проводит Всероссийский конкурс технологических кружков: <https://konkurs.kruzhok.org>, принять участие в котором может каждый наставник. По итогам конкурса кружки-участники размещаются на Всероссийской карте кружков: <https://map.kruzhok.org>.



В 2022 году был разработан Навигатор для наставников команд или отдельных участников НТО: <https://www.notion.so/bd1v/5a1866975c2744728c2bd8ba80d21ec2>.



Навигатор ориентирован на начинающих наставников и помогает погрузиться в работу с НТО. Опытным наставникам Навигатор может быть полезен как сборник важных рекомендаций и статей:

- Смогут ли мои ученики принять участие в НТО.
- Как наставнику зарегистрироваться в НТО.
- Как помочь участникам выбирать профили.
- Что можно успеть сделать, если я и мои ученики начнем участвовать с нового учебного года.
- Как убедить руководство включиться в НТО.
- Что важно знать, начиная подготовку школьников.
- Как организовать подготовку.
- Как проводить рефлексию.
- Как мотивировать участников.
- Как работать с командой участников НТО.

Организаторы Олимпиады также оказывают экспертно-методическую поддержку сообществу наставников. Были разработаны методические рекомендации для наставников: «Технологическая подготовка инженерных команд»: <https://journal.kruzhok.org/tpost/pggs3bp7y1-tehnologicheskaya-podgotovka-inzhenernih>. Рассмотрены особенности подготовки к 5-ти направлениям:

- Большие данные.
- Машинное обучение.

- Искусственный интеллект.
- Спутниковые системы.
- Летящая робототехника.



Для наставников НТО разработан и постоянно пополняется страница с материалами для профессионального развития: <http://clc.to/for-mentor>.





# Цифровые сенсорные системы

Профиль «Цифровые сенсорные системы» посвящен получению, обработке и передаче информации, полученной с помощью сенсоров в цифровых системах. Основой профиля являются технология «Интернет вещей» и технология «Цифровой обработки сигналов». Современный мир наполнен умными цифровыми устройствами, и понимание их работы как никогда важно для успешной карьеры в области электроники.

Интернет вещей (internet of things, IoT) — концепция сети передачи данных между физическими объектами («вещами») для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Классический пример интернета вещей — умный дом, в котором можно управлять устройствами удаленно, а сами устройства могут взаимодействовать друг с другом. Например, умная колонка по голосовой команде включает свет, датчик передает данные о температуре в систему отопления, розетка отключается, если вы забыли выключить утюг. В любой такой системе необходимо получать, обрабатывать и передавать информацию. И тут на помощь приходят технологии цифровой обработки сигналов.

Цифровая обработка сигналов (ЦОС, DSP — digital signal processing) — способ обработки сигналов на основе численных методов с использованием цифровой вычислительной техники. Сигналы, полученные от сенсоров (датчиков), необходимо получить, обработать и передать, используя вычислительные средства, такие как микроконтроллеры (Arduino, ESP) и микрокомпьютеры (Raspberry Pi).

Для успешного решения задач, которые стоят перед участниками профиля НТО «Цифровые сенсорные системы», необходимы глубокие знания по физике и информатике, в частности, уверенные навыки программирования и проектирования электроники. Заключительный этап олимпиады является логическим завершением предыдущих двух отборочных этапов: индивидуального и командного.

Первый отборочный этап проводится индивидуально дистанционно на платформе Stepik.org. Участники решают задания по предметам профиля — физике и информатике. Данный этап нацелен на отбор участников, обладающих базовыми знаниями в области указанных предметов.

Целью второго отборочного этапа является выявление наиболее подготовленных школьников для участия в заключительных состязаниях, а также повышение интереса к изучению тематики профиля. На этом этапе участникам предлагаются как индивидуальные практические задачи, так и командные. Характер задач второго этапа является подготовка и обучение участников конкретным навыкам и умениям, которые понадобятся им на заключительном этапе. Выполнение командных заданий позволяет участникам уже на втором этапе понять интересы друг друга и более тщательно подойти к распределению ролей в команде.

Таким образом, на втором отборочном этапе Олимпиады участники приобретают дополнительные знания и опыт командной работы, которые необходимы для заключительного испытания. Именно на этом этапе формируются команды, которые проходят в заключительный этап. В заданиях второго отборочного этапа упор делается на актуализацию навыков и знаний об основах электроники и электрических

цепей, о программировании микроконтроллеров, о работе с сетевыми интерфейсами и микрокомпьютерами. В ходе второго отборочного этапа предлагаются задания, мотивирующие на изучение языков программирования и алгоритмов, приобретение навыков декомпозиции комплексных задач. Все это позволяет подготовить и заинтересовать участников, а на этапе проверки заданий выявить наиболее подготовленных из них.

В качестве образовательных мероприятий участники заключительного этапа могут принять участие в разборе задач второго этапа — обсудить решения непосредственно с разработчиками профиля, получить дополнительную информацию по алгоритмам и способам реализации тех или иных программных решений, а также задать интересующие вопросы по финальной задаче и компетенциям, необходимым для ее решения.

В командном практическом туре заключительного этапа участники должны доказать свою компетентность и применить навыки, полученные на предыдущих этапах. Целью каждой команды является разработка распределенной системы сбора и обработки аудиоинформации, которая собирает пакеты аудиоданных, получаемые с помощью микрофонов в разных частях зала филармонии. В заключительном туре, помимо командной задачи, участники решают задачи по физике и информатике в рамках индивидуального предметного тура. Предметные задачи заключительного тура имеют более высокую сложность по сравнению с заданиями предыдущих этапов, что позволяет участникам продемонстрировать свои теоретические знания, умение решать задания повышенной сложности.

Участники и финалисты профиля успешно поступают и проходят обучение в ведущих технических университетах по профильным направлениям подготовки. Каждый год на финальном этапе мотивация участников возрастает — это связано с актуальностью поставленной задачи, а также с соревновательным характером заключительного этапа. В целом, прохождение участниками всех этапов олимпиады и сопутствующее обучение специализированным навыкам в области цифровых сенсорных систем дает участникам новые возможности в совершенствовании своих знаний и работе над разнообразными проектами.

Полученные участниками навыки отвечают современным трендам в области развития электроники и особенно востребованы при создании сенсорных систем и в цифровой обработке сигналов. В ходе олимпиады участники получают полезные знакомства, призы и дипломы за достижения. Победители и призеры олимпиады имеют привилегии при поступлении в высшие учебные заведения.

# Работа наставника НТО на первом отборочном этапе

На первом отборочном этапе НТО участникам предлагаются задачи по предметам, соответствующим выбранным профилям. Для подготовки к первому отборочному этапу Олимпиады наставник может использовать следующие рекомендуемые форматы и мероприятия:

- Разбор задач первого отборочного этапа НТО прошлых лет.
- Мини-соревнования по решению задач предметных олимпиад муниципального уровня.
- Углубленные занятия по разделам предметов в соответствии с рекомендациями разработчиков профилей.

Для проверки, самостоятельного решения или проведения мини-соревнований могут использоваться предметные курсы НТО на платформе Stepik. Также возможно привлечение других преподавателей-предметников для проведения занятий в случае, если у наставника недостаточно компетенций в области предметных олимпиад.

Инженерный тур состоит из курса или теоретических материалов, погружающих участников в тематику профиля, и теоретических и практических заданий, как правило связанных с теорией.

# Первый отборочный этап

## Предметный тур. Информатика и информационные технологии

### Первая волна. Задачи 8–11 класса

#### Задача II.1.1.1. Авиакомпания (9 баллов)

Темы: базы данных.

#### Условие

Даны фрагменты двух таблиц базы данных некоторой авиакомпании. Исходя из информации данных таблиц, определите, сколько человек вылетели из Москвы в интервале от 12 до 18 часов за 05.07.2023 и 06.07.2023.

Обратите внимание, что в разные даты один и тот же номер рейса может иметь разные пункты вылета и пункты прилета.

Таблица II.1.1: passengers

id	first_name	last_name	birth	document	flight_num	flight_date	status
1	Ivan	Ivanov	25.05.1999	*****	104	05.07.2023	True
2	Anna	Smirnova	24.05.2002	*****	104	05.07.2023	False
3	Ekaterina	Kuznetsova	04.02.1996	*****	105	05.07.2023	True
4	Aleksandr	Popov	06.04.1994	*****	103	05.07.2023	True
5	Elena	Vasilieva	03.11.1994	*****	104	05.07.2023	False
6	Sergei	Petrov	25.06.1984	*****	103	05.07.2023	False
7	Daniil	Sokolov	07.12.2000	*****	101	06.07.2023	True
8	Anastasia	Mikhailova	15.12.2002	*****	103	05.07.2023	True
9	Mikhail	Novikov	05.02.1993	*****	105	05.07.2023	True
10	Elizaveta	Fedorova	18.05.2004	*****	102	05.07.2023	True
11	Evgeniy	Morozov	26.09.2001	*****	101	05.07.2023	True
12	Semen	Volkov	16.08.1988	*****	103	05.07.2023	True
13	Vladislav	Alekseev	18.07.1981	*****	102	05.07.2023	True
14	Maksim	Lebedev	20.03.1988	*****	104	05.07.2023	False
15	Aleksandra	Semenova	27.06.1998	*****	102	05.07.2023	True
16	Kristina	Egorova	03.06.1999	*****	101	05.07.2023	True
17	Arina	Pavlova	21.05.1983	*****	102	05.07.2023	True
18	Dmitriy	Kozlov	07.05.1982	*****	101	06.07.2023	False
19	Danil	Stepanov	02.08.1986	*****	101	06.07.2023	True
20	Anna	Nikolaeva	20.04.1981	*****	101	05.07.2023	True
21	Rostislav	Orlov	27.03.1987	*****	101	06.07.2023	False

Таблица II.1.2: `flights`

id	flight_num	departure	arrival	flight_date	flight_date	status
1	101	Moscow	Kazan	05.07.2023	14:00	True
2	102	Moscow	Sochi	05.07.2023	15:30	False
3	103	Vladivostok	Novosibirsk	05.07.2023	09:00	True
4	104	Moscow	Ufa	05.07.2023	17:20	True
5	105	Moscow	Saint Petersburg	05.07.2023	19:00	True
6	101	Kazan	Kaliningrad	06.07.2023	11:15	True

Таблица `passengers` является информацией о пассажирах, которые приобрели билеты на рейсы данной авиакомпании.

В колонках:

- `id` — номер записи в таблице;
- `first_name` — имя пассажира;
- `second_name` — фамилия пассажира;
- `birth` — дата рождения;
- `document` — номер документа, по умолчанию в авиакомпании он скрыт;
- `flight_num` — номер рейса, на который пассажир приобрел билет;
- `flight_date` — дата вылета рейса;
- `status` — активен ли статус пассажира на данный рейс, если `True` — пассажир полетит (или уже полетел), `False` — билет был сдан.

Таблица `flights` является информацией о рейсах авиакомпании.

В колонках:

- `id` — номер записи в таблице;
- `flight_num` — номер рейса;
- `departure` — город вылета;
- `arrival` — город прилета;
- `flight_date` — дата вылета рейса;
- `departure_time` — время вылета рейса;
- `status` — активен ли статус рейса, если `True` — будет выполнен (или уже выполнен), `False` — рейс отменен.

### Решение

Исходя из условия задачи, выберем те рейсы, которые подходят, их всего два.

101	Moscow	Kazan	05.07.2023	14:00	True
104	Moscow	Ufa	05.07.2023	17:20	True

Далее идем по таблице и ищем всех людей, которые летят 05.07.2023 номерами рейсов 101 или 104 со статусом `True`.

Людей с номером рейса 101, но датой вылета 06.07.2023 в расчет не берем, так как этот рейс не вылетает из Москвы.

1	Ivan	Ivanov	25.05.1999	*****	104	05.07.2023	True
11	Evgeniy	Morozov	26.09.2001	*****	101	05.07.2023	True
16	Kristina	Egorova	03.06.1999	*****	101	05.07.2023	True
20	Anna	Nikolaeva	20.04.1981	*****	101	05.07.2023	True

Ответ: 4.

### Задача II.1.1.2. Вечный XOR (9 баллов)

Темы: алгебра логики.

#### Условие

Дано число 11011001 в двоичной системе счисления. К данному числу применяется операция XOR на другое, неизвестное нам, восьмизначное число в двоичной системе счисления. После операции выполняется проверка: если результат операции меньше восьмизначного, к нему дописываются незначащие нули. Такой проверкой мы поддерживаем восьмизначный формат числа. После этого операция XOR и проверка выполняются снова в той же последовательности так до бесконечности...

Определите восьмизначное неизвестное число, которое применяется в операции XOR, если известно, что на 127 применении операции в этом алгоритме результат до проверки был равен 1100011.

#### Решение

Заметим одну интересную особенность функции XOR: если взять результат операции XOR числа 217 и любого числа  $x$  (допустим 3) и к результату вновь применить операцию XOR с числом  $x$  (в нашем случае 3), то мы вернемся к исходному числу.

$$\begin{array}{r}
 11011001 = 217 \\
 \wedge \\
 1100011 = 99 \\
 \hline
 10111010 = 186
 \end{array}$$

Получается, что на 127-й по счету операции XOR, то есть нечетной, будет получено промежуточное число, которое по условию равно 1100011 или 99.

Осталось лишь узнать неизвестное число  $x$ , которое будет давать 99 в результате XOR с исходным числом 217.

Для этого можно узнать результат XOR между числами 217 и 99.

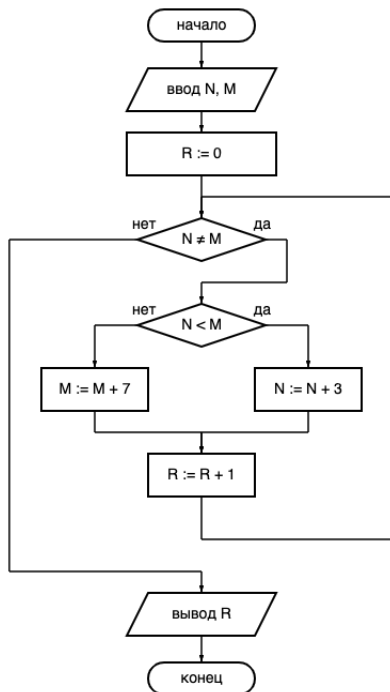
Ответ: 186.

### Задача II.1.1.3. Сколько раз (11 баллов)

Темы: анализ алгоритмов.

### Условие

Дана блок-схема алгоритма. Какое число будет выведено, если на вход были поданы  $N = 41$  и  $M = 57$ .

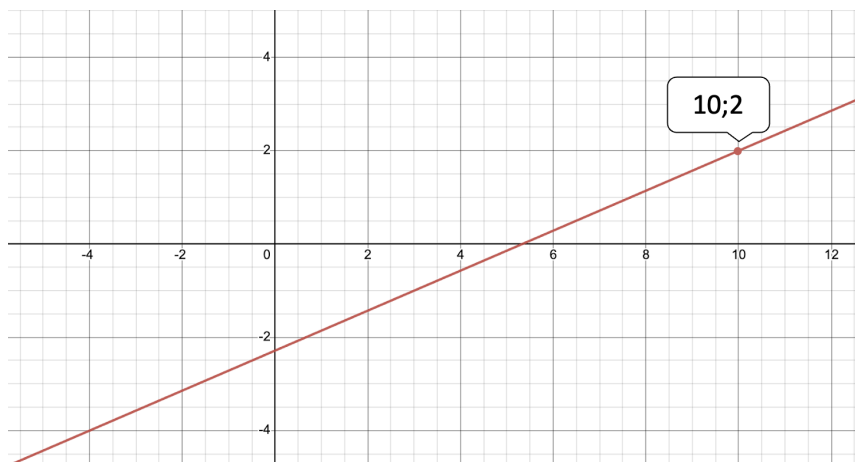


### Решение

Начальные значения чисел  $n = 41$  и  $m = 57$ . Как видно из алгоритма, программа будет прибавлять 3 к числу  $n$  (если  $n < m$ ) и прибавлять 7 к числу  $m$  (если  $m < n$ ) до тех пор, пока эти числа не станут равны. Значит сумма, прибавленная к числу  $n$  должна быть больше суммы прибавленной к числу  $m$  на  $57 - 41 = 16$ , из чего можно составить уравнение:

$$3x - 7y = 16.$$

Отсюда можно подобрать два таких целых, минимальных  $x$  и  $y$ , при которых это уравнение будет верно. Также можно построить график и найти, где он впервые проходит через целые положительные координаты.



Раз  $x = 10$ , а  $y = 2$  то суммарное количество операций будет равно 12.

**Ответ:** 12.

### ***Задача II.1.1.4. Дорога до работы (11 баллов)***

*Темы: графы.*

#### ***Условие***

На рисунке приведена схема района «Северный», где каждая вершина графа, показанная латинскими буквами от  $A$  до  $L$ , обозначают объекты его инфраструктуры, а ребра — дороги между ними.

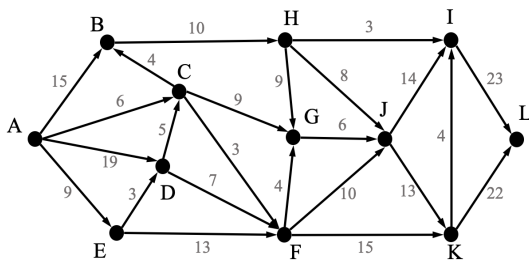
Гарантируется, что никаких других путей в этом районе нет и что двигаться можно лишь по направлению ребер, которое указано стрелками.

Рядом с каждой дорогой указана ее пропускная способность, которая показывает предельное количество машин, проходящих через эту дорогу за единицу времени.

Буквой  $A$  обозначен новый жилой комплекс, а буквой  $L$  — IT-парк, в который все ездят на работу с утра.

Ваша задача узнать — какое максимальное количество машин может проходить утром по дорогам этого района в единицу времени или же максимальную пропускную способность данного графа.



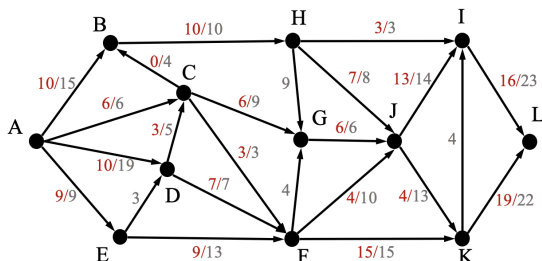


### Решение

Для решения этой задачи воспользуемся теоремой **max-flow min cut** о максимальном потоке и минимальном разрезе, которая утверждает, что в сети потоков максимальный объем потока, проходящего от истока к стоку, равен общему весу ребер в минимальном разрезе, т. е. наименьший общий вес ребер, удаление которых отключило бы исток от стока.

Самым минимальным разрезом является удаление ребер  $BH$ ,  $CF$ ,  $DF$ ,  $AE$  и  $GJ$  с суммой  $10 + 3 + 7 + 9 + 6 = 35$ , все другие разрезы отключающие исток от стока будут иметь большую сумму.

Стоит отметить, что данную задачу можно было решить и используя алгоритм Форда-Фалкерсона.



Ответ тоже получится  $16 + 19 = 35$ .

Ответ: 35.

### Задача II.1.1.5. Уличный транспорт (14 баллов)

Темы: кодирование.

#### Условие

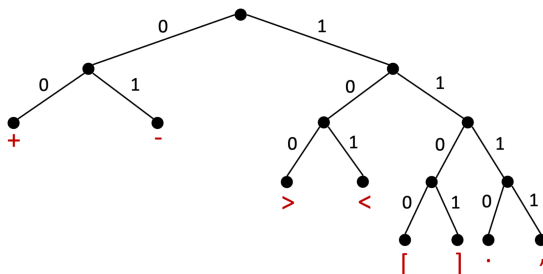
Даня и Ваня на уроке информатики получили очень странное задание. В нем им необходимо определить, какое минимальное количество информации будет содержать сообщение о способе перемещения случайного прохожего. Для этого они

простояли целые сутки на улице и поняли, что прохожие в основном передвигаются одним из пяти следующих вариантов: пешком, на самокате, велосипеде, скейтборде или роликах. Так как Ваня опаздывал на свидание, он решил, что все варианты транспорта равновероятны и убежал. Но Даня заметил одну особенность: пешеходы встречаются с вероятностью 50%, а прохожие на самокате, велосипеде, роликах и скейтбордах с вероятностью 12,5% каждый.

На сколько бит количество информации, содержащееся в сообщении о транспорте прохожего, которое посчитает Ваня, будет отличаться от количества информации, рассчитанного Даней?

### Решение

При равномерном посимвольном кодировании Вани: мощность алфавита равна 8, так как всего 8 команд, для кодирования которых по формуле Хартели потребуется 3 бита. Всего в программе 100 символов, а значит, вся программа будет весить  $3 \cdot 100 = 300$  бит при неравномерном кодировании Дани.



Тогда получается, что программа будет весить  $2 \cdot 2 \cdot 32 + 3 \cdot 2 \cdot 6 + 4^4 \cdot 6 = 260$  бит, что на 40 меньше веса, полученного Ваней.

Ответ: 40.

### Задача II.1.1.6. Нули и единицы (14 баллов)

Темы: системы счисления.

#### Условие

Существует два целых числа  $x$  и  $y$ , удовлетворяющих выражению  $x = 2^i - 1$ ,  $y = 2^j - 1$ , где  $x \in [1; 64]$ .

Определите, сколько существует вариантов выбрать  $x$  и  $y$  при следующих условиях:

- $x > y$ .
- Произведение данных чисел в двоичной записи содержит хотя бы одну единицу и хотя бы один ноль.

3. Произведение данных чисел в двоичной записи имеет разницу между количеством единиц и нулей не более 13.

**Решение**

По условию у нас есть два числа  $x = 2^i - 1$ ,  $y = 2^j - 1$ , где  $1 \leq i, j \leq 54$ .

Зная, что любое число  $z = 2^n - 1$ , где  $n \in \mathbb{N}$ , выглядит как  $n$  единиц:

$$2^3 - 1 = 111_2$$

$$2^4 - 1 = 1111_2$$

и так далее, делаем вывод, что наши числа — это тоже набор от 1 до 64 единиц в двоичной системе счисления.

Кроме того, заметим одно интересное свойство, что если перемножать числа такого вида друг на друга, то результат всегда будет содержать ровно столько нулей, сколько было единиц в меньшем числе, и ровно столько единиц, сколько их было в большем.

Например:

$$\begin{array}{r} \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \times \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \hline \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \hline 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \end{array}$$

или

$$\begin{array}{r} \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \times \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \hline \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \phantom{\times} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \phantom{11} \\ \hline 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \end{array}$$

Получается, что для выполнения третьего условия нам необходимо перемножать числа с разницей не более 13 разрядов. При этом для выполнения второго условия число  $j$  не должно быть 1, ведь любое число, умноженное на 1, не будет изменяться. А первое условие, что  $x$  всегда строго больше  $y$ , позволяет избежать повторы, взяв число  $y$  за меньшее левое число пары, а  $x$  — за большее правое.

Получается, что для  $j = 2$  в пару можно взять любое  $i \in [3; 15]$ , и такое правило будет работать для всех  $j \in [2; 51]$

Выходит, что на 50 вариантов взятия  $j$  существует по 13 вариантов взятия  $i$ , а это уже  $50 \cdot 13 = 650$  пар.

Для каждого  $j \geq 52$  количество возможных  $i$  будет уменьшаться, так как  $i$  не может быть больше 64, а значит, для  $j = 52$  будет всего 12 возможных вариантов  $i$ , для  $j = 53$  будет всего 11 возможных вариантов  $i$  и так далее, что выплывает в арифметическую прогрессию:  $12 + 11 + \dots + 2 + 1 = 78$  вариантов.

Всего получается  $650 + 78 = 728$  пар.

**Ответ:** 728.

### **Задача II.1.1.7. Кольцевой сборщик (17 баллов)**

*Темы: программирование.*

#### **Условие**

На некотором заводе решили расфасовать детали. Каждая деталь имеет свой размер, выраженный как целое число. Для фасовки сотрудники взяли кольцевой сборщик. Кольцевой сборщик — это некий механизм с ячейками разного размера, в которые можно положить деталь. Изначально выбрана для приема детали ячейка под номером 1, каждую секунду она сдвигается на следующую: через секунду будет выбрана для приема ячейка под номером 2, через две секунды — под номером 3 и так далее... Если сборщик дойдет до последней ячейки, он на следующем шагу окажется на ячейке под номером 1. Чтобы разместить деталь в сборщик, необходимо, чтобы размер выбранной для приема ячейки был равен размеру детали. Всего необходимо погрузить  $n$  деталей, каждая — имеет свой уникальный размер от 1 до  $n$  включительно. Сами они загружаются в сборщик по возрастанию, сначала с размером 1, потом с размером 2, и так далее до размера  $n$  включительно. Работники завода попросили у Вас помощи. Они сообщили вам, сколько у них деталей, а также порядок ячеек в кольцевом сборщике, и просят Вас написать программу, которая рассчитает, через сколько все детали будут погружены в кольцевой сборщик. Считайте, что деталь укладывается в кольцевой сборщик моментально.

#### **Формат входных данных**

В первой строке входных данных записано число  $n$  ( $1 \leq n \leq 10^5$ ) — количество деталей.

Во второй строке записано  $n$  целых чисел  $s_i$  ( $1 \leq s_i \leq n$ ) — последовательность размеров ячеек в кольцевом сборщике. Все размеры ячеек являются уникальными числами.

Выбранной при старте ячейкой считать первое число последовательности.

#### **Формат выходных данных**

Выведите одно число — количество времени, затраченное на расфасовку всех деталей.

## Методика проверки

Программа проверяется на 20 тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
4
3 1 4 2
<b>Стандартный вывод</b>
6

## Пояснения к примеру

Первая на вход идет деталь с размером 1, чтобы добраться до ячейки с размером 1 необходимо затратить одну су:  $3 \rightarrow 1$ . Следующая на вход идет деталь с размером 2, чтобы добраться до ячейки с размером 2 необходимо затратить две су:  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ . Следующая на вход идет деталь с размером 3, чтобы добраться до ячейки с размером 3 необходимо затратить одну су:  $2 \rightarrow 3$ . Последняя на вход идет деталь с размером 4, чтобы добраться до ячейки с размером 4 необходимо затратить две су:  $3 \rightarrow 1 \rightarrow 4$ . Итого было затрачено на расфасовку всех деталей 6 с.

## Решение

Заведем отдельный список/словарь, который в качестве индексов будет использовать размеры деталей, а в качестве значений — индексы ячеек для деталей на ленте. Так как детали укладываются последовательно, пройдем циклом по деталям размерами от 1 до  $N$  включительно. На момент начала укладки мы расположены над ячейкой под номером 1. Для вычисления времени до нужной нам ячейки, зная, что лента меняет ячейку каждую секунду, воспользуемся следующей формулой «точка расположения ячейки для нужной детали — наше нынешнее положение». Тем самым мы вычислим расстояние до ячейки, что и будет эквивалентно в рамках нашей задаче времени до ячейки.

Если точка расположения нашей ячейки находится позади нашей позиции, проверен полный круг по ленте, вернувшись в стартовое положение, и добавим расстояние до нужной ячейки: « $N$  — наше нынешнее положение + точка расположения ячейки для нужной детали». После каждого перемещения по ленте обновляем нынешнюю позицию на точку, до которой мы дошли на этом шагу: «наше нынешнее положение = точка расположения ячейки для нужной детали». Суммируем все рассчитанные расстояния и получаем полное время, за которое мы обойдем всю ленту и уложим все детали.

## Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  n = int(input())
2  indexes = dict()
3  arr = list(map(int, input().split()))
4  for i in range(n):
5      indexes[arr[i]] = i
6      current_index = result = 0
7  for i in range(n):
8      if current_index < indexes[i + 1]:
9          result += indexes[i + 1] - current_index
10     else:
11         result += n + indexes[i + 1] - current_index
12     current_index = indexes[i + 1]
13  print(result)

```

### Задача II.1.1.8. Кредиты в банке (17 баллов)

Темы: программирование.

#### Условие

В некотором банке регулярно проходит огромное количество транзакций в сутки. Все эти транзакции (без указания личных данных клиентов) отображаются в логах банка. Это сделано для того, чтобы можно было анализировать количество денег, которые клиенты внесли в банк. Как вы знаете, банки обладают возможностью выдавать кредиты своим клиентам, но они их выдают из денег, которые вложили другие клиенты. И, естественно, чтобы выдать кредит, банк должен иметь в наличии ту сумму, на которую он это хочет сделать. Нормальной системы контроля денег у банка, о котором у нас в задаче идет речь, нет, поэтому они это делают через логи. Они узнают по ним гарантированное количество уникальных денежных единиц, которое было зафиксировано, и тем самым определяют гарантированную сумму, которую могут выдать в кредит.

Вам был дан некий отрезок из логов этого банка. Каждый клиент закодирован уникальным номером. Определите, какое гарантированное количество уникальных денежных единиц есть у банка на кредит. Для подробного понимания, как высчитывается гарантированная величина уникальных денежных единиц, смотрите пояснение к примеру.

#### Формат входных данных

На вход программе в первой строке поступает целое число  $n$   $1 \leq n \leq 10^5$  — количество операций в логах. В следующих  $n$  строках записано по три целых числа  $from$  ( $1 \leq from \leq 500$ ),  $to$  ( $1 \leq to \leq 500$ ),  $from \neq to$ , и  $amount$  ( $1 \leq amount \leq 10^9$ ) — клиенты, которые отправили и получили деньги соответственно, а также количество денежных единиц.

#### Формат выходных данных

Программа должна вывести одно число — гарантированное количество уникальных денежных единиц, которые были зафиксированы по логам.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>	
3	
1 2	50
2 3	30
3 1	40
<b>Стандартный вывод</b>	
60	

### Пояснение к примеру

В примере первая транзакция производится между клиентами 1 и 2 на величину 50 денежных единиц. До этого эти деньги не были в логах, а значит, это 50 уникальных денежных единиц. Далее идет транзакция между клиентами 2 и 3 на величину 30 денежных единиц. Как мы знаем из первой транзакции, у клиента под номером 2 есть 50 денежных единиц, и, соответственно, эти 30 денежных единиц могли быть пересланы из этих 50, поэтому мы не можем заявлять, что это гарантировано уникальные денежные единицы. В случае, если клиент 2 отправит 30 денежных единиц клиенту 3, то у него может остаться  $50 - 30 = 20$  денежных единиц. Следующая транзакция происходит между клиентами 3 и 1 на величину 40 денежных единиц. Так как у клиента 3 нам известно только 30 денежных единиц, которые были отправлены от клиента 2, то оставшиеся  $40 - 30 = 10$  будут уникальными единицами денег, так как до этого о них речь нигде в логах не шла. Итого, у нас получается  $50 + 10 = 60$  гарантировано уникальных денежных единиц.

### Решение

Заведем некий список/словарь, который будет хранить, сколько на данный момент у клиентов денег, которые нам известны, а также переменную, в которую будем записывать количество уникальных денег. Изначально мы не знаем ни одной транзакции, следовательно, про каждого клиента мы знаем о наличии 0 денег. Запускаем цикл, в котором обрабатываем каждую транзакцию следующим образом: от отправителя мы вычитаем сумму денег, которая указана в переводе, которую он отправил, а получателю их начисляем. Если счет отправителя становится отрицательным, следовательно, были отправлены деньги, о которых мы ранее не знали, следовательно, обновляем значение уникальных денег, добавляя модуль отрицательного баланса (той части денег, о которых мы ранее не знали). После этого запишем на баланс отправителя, что у него 0 денег, так как больше нет неизвестных денег. Обработав все транзакции таким образом, в конце выводим переменную с количеством уникальных денег.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n = int(input())
2 bank_accounts = dict()
3 unique_moneys = 0
4 for i in range(n):
5     from_user, to_user, amount = map(int, input().split())
6     if to_user not in bank_accounts:
7         bank_accounts[to_user] = 0
8     bank_accounts[to_user] += amount
9     if from_user not in bank_accounts:
10        bank_accounts[from_user] = 0
11    bank_accounts[from_user] -= amount
12    if bank_accounts[from_user] < 0:
13        unique_moneys += abs(bank_accounts[from_user])
14    bank_accounts[from_user] = 0
15 print(unique_moneys)

```

## Вторая волна. Задачи 8–11 класса

### Задача II.1.2.1. Жилой дом (7 баллов)

Темы: базы данных.

#### Условие

Дан фрагмент таблицы базы данных некоторого жилого дома.

Таблица II.1.3: `livers`

id	first_name	last_name	birth	sex	flight_num
1	Ivan	Ivanov	25.05.1999	male	101
3	Ekaterina	Kuznetsova	04.02.1996	female	103
4	Aleksandr	Popov	06.04.1994	male	102
5	Elena	Vasilieva	03.11.1994	female	103
6	Sergei	Petrov	25.06.1984	male	102
7	Daniil	Sokolov	07.12.2000	male	102
8	Anastasia	Mikhailova	15.12.2002	female	103
9	Mikhail	Novikov	05.02.1993	male	103
10	Elizaveta	Fedorova	18.05.2004	female	104
11	Evgeniy	Morozov	26.09.2001	male	105
12	Semen	Volkov	16.08.1988	male	106
13	Vladislav	Alekseev	18.07.1981	male	104
14	Maksim	Lebedev	20.03.1988	male	106
15	Aleksandra	Semenova	27.06.1998	female	105
16	Kristina	Egorova	03.06.1999	female	107
17	Arina	Pavlova	21.05.1983	female	107
18	Dmitriy	Kozlov	07.05.1982	male	107
19	Danil	Stepanov	02.08.1986	male	108
20	Anna	Nikolaeva	20.04.1981	female	109
21	Rostislav	Orlov	27.03.1987	male	109

Таблица `livers` является информацией о пассажирах, которые проживают в доме.



В колонках:

- `id` — номер записи в таблице;
- `first_name` — имя проживающего;
- `second_name` — фамилия проживающего;
- `birth` — дата рождения;
- `sex` — пол проживающего: `male` — мужчина, `female` — женщина;
- `flat_num` — в какой квартире проживает человек.

Исходя из информации данной таблицы, определите, сколько есть потенциальных пар/семей в доме. Потенциальной парой/семьей будем называть таких проживающих, которые живут в одной квартире, имеют разный пол, а также разница их возрастов не превышает пять лет. В каждой квартире может проживать только одна пара, но не обязательно только два человека.

### *Решение*

Учитывая, что в каждой квартире может проживать только одна пара, но не обязательно только два человека, надо проверить каждую квартиру на наличие хотя бы одной такой пары, удовлетворяющей условию задачи:

- 101: жители 1 и 2 разных полов с разницей в возрасте менее пяти лет — подходит;  
 102: жители 4, 6 и 7 одинаковых полов — не подходит;  
 103: жители 3, 5, 8 и 9, при этом у жителей 5 и 9 разный пол с разницей в возрасте менее пяти лет — подходит;  
 104: жители 10 и 13 разных полов с разницей в возрасте более пяти лет — не подходит;  
 105: жители 11 и 15 разных полов с разницей в возрасте менее пяти лет — подходит;  
 106: жители 12 и 14 одинаковых полов — не подходит;  
 107: жители 16, 17 и 18, при этом у жителей 17 и 18 разный пол с разницей в возрасте менее пяти лет — подходит;  
 108: житель 19 — не подходит;  
 109: жители 20 и 21 разных полов с разницей в возрасте более пяти лет — не подходит.

Итого получается четыре пары.

**Ответ:** 4.

### *Задача II.1.2.2. Десятки (9 баллов)*

*Темы: системы счисления.*

#### *Условие*

Назовите максимальную систему счисления, где для чисел  $10^i$  ( $1 \leq i \leq 9$ ) при переводе в выбранную систему счисления их длина равна  $i$ .

### Решение

Чтобы выполнялось условие, описанное в задаче, необходимо подставить под  $i$  максимальное значение (в рамках задачи это 9), и выбирать систему счисления до того момента, пока длина числа  $10^i$  в некоторой системе счисления равна  $i$ . После того, как условие не будет выполняться, число никак не увеличится в размере, а, следовательно, не будет больше систем счисления, удовлетворяющих условию.

Так как длина числа  $10^9$  в десятичной системе счисления больше 9, начнем с 11-ричной системы счисления:

11-ричная система счисления —  $10^9 = 47352388a$  (длина 9).

12-ричная система счисления —  $10^9 = 23aa93854$  (длина 9).

13-ричная система счисления —  $10^9 = 12c23a19c$  (длина 9).

14-ричная система счисления —  $10^9 = 96b4b6b6$  (длина 8) — условие не выполнено.

Максимальная система счисления 13-ричная.

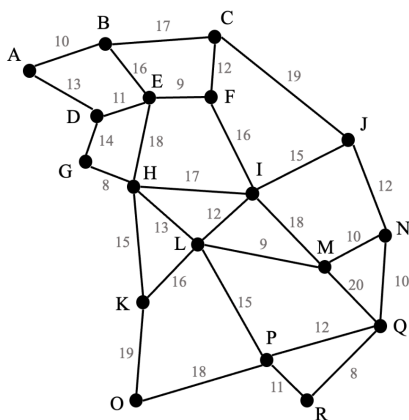
Ответ: 13.

### Задача II.1.2.3. Дорожные работы (11 баллов)

Темы: теория графов.

#### Условие

Министерству транспорта некоторого города поступил запрос с обновлением асфальтоукладочного покрытия между важными элементами инфраструктуры. Однако совсем скоро зима, поэтому автомагистрали и дороги нужны проложить как можно скорее. Все возможные варианты прокладки дорог с требуемым для этого временем указаны на рисунке.



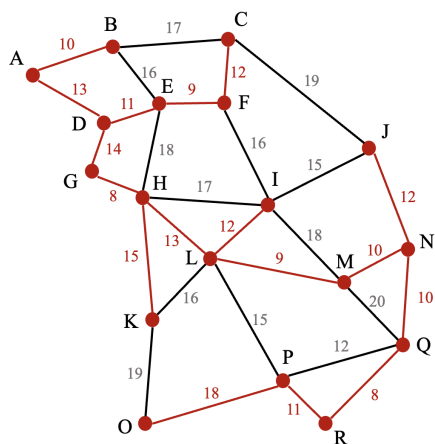
Главным условием является то, что до каждого из зданий должна быть проложена хотя бы одна дорога.

Определите минимальное время, которое потребуется на асфальтирование этого города.

### Решение

Для решения этой задачи достаточно построить минимальное остовное дерево графа. Самый простой способ сделать это — воспользоваться алгоритмом Краскала, который каждый раз берет ребро с минимальным весом и, если такое взятие не образует цикла, присоединяет его к скелету.

Получим такую картину.



Ответ: 195.

### Задача II.1.2.4. Необычный отель (11 баллов)

Темы: анализ алгоритмов.

#### Условие

Ваня поехал в отпуск и заселился в очень необычный отель. В нем ровно 9999 номеров. Перед заселением все двери этих номеров открыты, а странный консьерж каждый раз после уборки номера меняет состояние двери: с открытой на закрытую и наоборот, чтобы проветривать комнату. При этом сначала он делает уборку во всех комнатах с номерами кратными 1, потом — 2, потом — 3 ... и так до 9999.

Определите самый большой номер комнаты, который будет открыт после уборки.

**Решение**

Из условия известно, что консерж проходит номера последовательно их кратности (сначала номера с кратностью 1, затем с кратностью 2 и т. д.).

Сделаем вывод: сколько раз номер в отеле кратен некоторым числам, столько раз его и посетят. Все числа, на которые номер комнаты кратен — это делители нашего номера, следовательно, сколько делителей у номера комнаты — столько раз ее и посетят.

Определим, в каком порядке происходят действия с дверьми:

- каждую нечетную операцию дверь меняет свое состояние с открытой на закрытую;
- каждую четную операцию дверь меняет свое состояние с закрытой на открытую (дверь будет закрыта, так как до этого была нечетная операция).

Следовательно, номер с последней закрытой дверью — это самое большое число номера, над которым проведено нечетное количество операций, или, исходя из ранее выведенного условия, нечетное количество делителей.

Нечетное количество различных делителей имеют только числа, которые являются квадратами (например,  $4 = 2^2$ ,  $81 = 9^2$ ). Следовательно, найдем самый большой квадрат, который меньше 9999. Ближайший полный квадрат к 9999, это  $10000 = 100^2$ . 10000 является большим результатом, поэтому возьмем меньший на единицу (минимальный шаг) квадрат:  $(100 - 1)^2 = 99^2 = 9801$ .  $9801 < 9999$ , а также является наибольшим квадратом, так как следующий квадрат уже превышает номер последней комнаты.

**Ответ:** 9801.

**Задача II.1.2.5. Футбольный турнир (14 баллов)**

*Темы: кодирование.*

**Условие**

В этом году проходит ежегодный футбольный турнир среди Assembler-программистов. Ежегодно это соревнование объединяет миллионы людей со всего мира, каждый с нетерпением ждет его проведения. Сейчас на соревнование было зарегистрировано 512 команд. Все соревнование проходит в три этапа: отборочный этап, групповой этап и финальный этап. Во время отборочного этапа проходит четыре стадии турнира:  $\frac{1}{256}$ ,  $\frac{1}{128}$ ,  $\frac{1}{64}$  и  $\frac{1}{32}$ . Все матчи проходят по 90 мин основного времени, и, в случае ничейного результата, добавляется дополнительное время 30 мин. Если после 120 мин матча не удастся выснить победителя, проходит серия пенальти.

После отборочного этапа остается 32 команды, и они попадают в групповой этап. Все эти команды случайным образом распределяются по восьми группам, и в процессе этапа они сыграют каждый с каждым по два раза, то есть любая команда на этой стадии сыграет 6 матчей. Во время группового этапа матчи проходят только по 90 мин, независимо от результата.

По итогам группового этапа в финальную стадию проходит 16 лучших команд, и они начинают играть за кубок футбольного ассемблера. Всего проходит 4 стадии:  $\frac{1}{8}$ ,

$\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  и финал, матча за третье место нет. Во время финальной стадии сохраняются те же правила проведения матчей, что и в отборочном этапе: 90 + 30 + серия пенальти.

Данный турнир проводится не первый год, и организаторы прекрасно знают из своей статистики, что в дополнительное время в отборочном этапе заканчивается не более 10% матчей, а также не более 20% матчей в финальном этапе.

Организаторы хотят, чтобы весь турнир прошел на высшем уровне и без нареканий, но у них возник вопрос: сколько памяти надо выделить, чтобы гарантировано сохранить все результаты матча. Организаторы хотят хранить отчеты по матчам поминно, выделяя на каждую мину по 2 байта. Серию пенальти они решили не хранить, а записывать гол на счет победителя на 120 минуте. Каждый этап соревнования хранится отдельно, независимо от других, в килобайтах. Исходя из статистических данных процентов матчей, заканчивающихся в основное или дополнительное время, а также формата турнира, рассчитайте, какое минимальное целое количество памяти нужно выделить в килобайтах, чтобы гарантировано удалось сохранить все результаты турнира поминно.

Считать, что 1 Кбайт равен 1024 байтам.

### *Решение*

Для сохранения матча длительностью 90 мин потребуется 180 байт, для 120-минутного матча — 240 байт.

#### *Отборочный этап*

В  $\frac{1}{256}$  стадии пройдет  $\frac{512}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 256 матчей, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 256 команд.

В  $\frac{1}{128}$  стадии пройдет  $\frac{256}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 128 матчей, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 128 команд.

В  $\frac{1}{64}$  стадии пройдет  $\frac{128}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 64 матча, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 64 команды.

В  $\frac{1}{32}$  стадии пройдет  $\frac{64}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 32 матча, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 32 команды.

Всего за отборочную стадию пройдет  $256+128+64+32 = 480$  матчей, не более 10% из которых могут закончиться в дополнительное время с серией пенальти:  $480 \cdot 0,1 = 48$  матчей; в основное время закончится:  $480 - 48 = 432$  матча.

Следовательно, для хранения данных о матчах в отборочном этапе потребуется:  $432 \cdot 180 + 48 \cdot 240 = 89280$  байт.

#### *Групповой этап*

Всего будет 32 команды, поделенных равномерно на 8 групп, следовательно, в каждой группе по 4 команды. Каждая команда сыграет друг против друга по два раза, следовательно, всего будет 6 туров между командами, а в каждом туре будет по 2 матча. Посчитаем, сколько матчей будет проведено всего:  $6 \cdot 2 \cdot 8 = 96$  матчей. Все матчи пройдут только в основное время:  $96 \cdot 180 = 17280$  байт.

#### *Финальный этап*

В  $\frac{1}{8}$  стадии пройдет  $\frac{16}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 8 матчей, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 8 команд.

В  $\frac{1}{4}$  стадии пройдет  $\frac{8}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 4 матча, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 4 команды.

В  $\frac{1}{2}$  стадии пройдет  $\frac{4}{2}$  (количество команд, участвующих в матче) = 2 матча, и, следовательно, в следующую стадию пройдет 2 команды.

В финале пройдет всего 1 матч.

Всего за финальную стадию пройдет  $8 + 4 + 2 + 1 = 15$  матчей, не более 25% из которых могут закончиться в дополнительное время с серией пенальти:  $15 \cdot 0,25 = 3,75$  матча. Так как в условии задачи указано **не более**, то округляем в меньшую сторону: 3 матча; в основное время закончится:  $15 - 3 = 12$  матчей.

Следовательно, для хранения данных о матчах в отборочном этапе потребуется:  $12 \cdot 180 + 3 \cdot 240 = 2880$  байт.

Переведем все значения из байт в КБайт:

- для хранения отборочного этапа потребуется  $89280/1024 = 87,1875 = 88$  Кбайт;
- для хранения группового этапа потребуется  $17280/1024 = 16,875 = 17$  Кбайт;
- для хранения финального этапа потребуется  $2880/1024 = 2,8125 = 3$  Кбайт.

Всего для хранения таблицы потребуется:  $88 + 17 + 3 = 108$  Кбайт.

**Ответ:** 108.

### **Задача II.1.2.6. Фиктивные переменные (14 баллов)**

*Темы: алгебра логики.*

#### **Условие**

Дана логическая функция, состоящая из семи переменных:

$$(((a \wedge b) \vee (\neg a \wedge (\neg a \vee e) \wedge b)) \rightarrow (c \wedge (d \vee e)) \vee (\neg c \wedge d) \vee (e \wedge \neg c)), \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g).$$

Фиктивными переменными называются те переменные, которые не влияют на результат функции. Выясните, какие переменные являются фиктивными. В ответе укажите их в любом порядке слитно, без пробелов, запятых и иных знаков. Гарантируется, что есть минимум две фиктивные переменные, а также существует хотя бы одна переменная, от которой зависит результат функции.

#### **Решение**

Преобразуем выражение:

$$\neg a \wedge (\neg a \vee e) = \neg a.$$

Рассмотрим левую часть, заметим, что:

$$(((a \wedge b) \vee (\neg a \wedge b)) \rightarrow (c \wedge (d \vee e)) \vee (\neg c \wedge d) \vee (e \wedge \neg c)) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g).$$

Теперь обратим внимание на  $(a \wedge b) \vee (\neg a \wedge b)$ , потому что по свойству склеивания это будет просто  $b$ :

$$((b \rightarrow (c \wedge (d \vee e)) \vee (\neg c \wedge d) \vee (e \wedge \neg c)) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g)).$$

Во второй скобке можно заметить общий множитель  $\neg c$ , который можно вынести за скобки (свойство дистрибутивности):

$$((b \rightarrow (c \wedge (d \vee e)) \vee (\neg c \wedge (d \vee e)))) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g).$$

Далее общий множитель  $(d \vee e)$ , который тоже можно вынести за скобки (свойство дистрибутивности):

$$(b \rightarrow (d \vee e) \wedge (c \vee \neg c)) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g).$$

Здесь  $c \vee \neg c = 1$ , а значит функция принимает вид:

$$((b \rightarrow (d \vee e)) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g)).$$

Уберем лишние скобки:

$$(b \rightarrow (d \vee e)) \wedge (\neg f \vee (g \wedge f) \vee \neg g).$$

Теперь преобразуем правую часть, по закону поглощения:

$$\neg f \vee (g \wedge f) = \neg f \vee g,$$

после этого логическое выражение имеет следующий вид:

$$(b \rightarrow (d \vee e)) \wedge (\neg f \vee g \vee \neg g).$$

Так как  $g \vee \neg g = 1$ , то и вся скобка тоже превращается в 1, следовательно, функция принимает вид:

$$\neg b \vee d \vee e.$$

Значит, фиктивными переменными являются  $a, c, f, g$ .

**Ответ:**  $a\bar{c}fg$ .

### **Задача II.1.2.7. Прогнозирование (17 баллов)**

*Темы: программирование.*

#### **Условие**

Сегодня проходит финал по перетягиванию каната. В нем принимают участие две команды: синих и красных. Обе команды проделали большой путь до этого финала ради призового фонда с конфетами. Но на днях команда красных предложила главному тренеру команды синих конфеты за то, чтобы они проиграли. И те и другие будут в плюсе, ведь тогда команда красных заберет призовой фонд, а команда синих получит гарантированные конфеты за проигрыш.

После того как он получил конфеты, руководители команды красных попросили узнать, сколько матчей они смогут гарантированно проиграть. Они дали ему один день на обдумывание, чем он и занялся. Тренер помнит, что финал проходит по следующим правилам: от команды представляются  $n$  человек, и в рамках финала

проходит также  $n$  матчей. В первом матче канат тянут по одному человеку с каждой стороны, во втором матче канат тянут по два человека с каждой стороны, на третий три, и так далее до того, пока канат не будут тянуть с каждой стороны по  $n$  человек. Побеждает в матчах та команда, у которой больше суммарная сила на сторону. Если силы равны, объявляется ничья. Тренер знает силы и своей команд, и команды соперника, и вправе на каждый матч сам решать, кто участвует за команду синих. Также он знает, что команда красных будет ставить максимально оптимально своих участников на матчи.

Исходя из этого, он просит вас написать программу, которая посчитает, какое максимальное количество матчей он может проиграть, если будет сам решать кто в каком матче участвует.

### *Формат входных данных*

В первой строке входных данных записано целое число  $n$  ( $1 \leq n \leq 2 \cdot 10^5$ ) — количество участников в каждой команде и одновременно количество матчей в финале. Во второй строке записано  $n$  целых чисел  $a_i$  ( $1 \leq a_i \leq 10^9$ ) — силы участников команды синих. В третьей строке записано  $n$  целых чисел  $b_i$  ( $1 \leq b_i \leq 10^9$ ) — силы участников команды красных.

### *Формат выходных данных*

Выведите одно целое число — максимальное количество матчей, которое команда синих может проиграть.

### *Методика проверки*

Программа проверяется на 20 тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

### *Примеры*

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
5
2 3 1 4 3
1 2 1 2 2
<b>Стандартный вывод</b>
2

### *Пояснения к примеру*

Команда синих может проиграть первых два матча. В первом матче они поставят участника с силой 1 против участника команды красных с силой 2.

Во втором матче они поставят участников с силой 1 и 2 против участников команды красных с силами 2 и 2.



В третьем матче можно сделать ничью, но проиграть не получится. В четвертом и пятом матче команда синих может только выиграть.

### Решение

Отсортируем силы участников обеих команд. Также создадим две переменные, в которых будут храниться суммарные силы участников команд на определенный раунд. Эти суммы на каждый раунд будут наполняться следующим образом: в команду синих мы будем добавлять самого слабого свободного участника из команды, в то время как в команду красных мы будем добавлять самого сильного свободного участника из команды. Тем самым мы постоянно будем задавать команде синих наиболее слабый состав на каждый раунд, а команде красных, наоборот, наиболее сильный. Посчитаем, в скольких случаях команда синих была слабее команды красных, и выведем данный результат.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n = int(input())
2 blue_team = sorted(list(map(int, input().split())))
3 red_team = sorted(list(map(int, input().split())))
4 blue_sum = 0
5 red_sum = 0
6 res = 0
7 for i in range(n):
8     blue_sum += blue_team[i]
9     red_sum += red_team[-i - 1]
10    if blue_sum < red_sum:
11        res += 1
12 print(res)
13
```

### Задача II.1.2.8. Магические ключи (17 баллов)

Темы: программирование.

#### Условие

Дания попал в магический коридор, в котором он видит  $n$  дверей с разными замочными скважинами. Незвестный голос говорит ему повернуть голову влево, что он без каких-либо сомнений делает. Перед ним открылась следующая картина: стоит стол, а на нем — неограниченное количество  $m$  видов ключей, а также карта, на которой расписано, какая дверь каким ключом открывается.

Все бы ничего, но Дания снова услышал неизвестный голос, который произнес следующие слова: «Эти ключи не простые, а магические. Как только ты используешь ключ, у тебя есть  $k$  у. е. времени, чтобы воспользоваться им повторно, иначе он разрушится. Но если ты повторно воспользуешься ключом, он обновится, и у тебя снова будет  $k$  у. е. времени, чтобы им воспользоваться повторно. Каждая дверь

открывается ключом за 1 у. е. времени. Если ты хочешь выбраться из этого коридора, воспользуйся картой и собери все ключи, которые тебе нужны, иначе ты здесь останешься на века».

В этой ситуации каждый будет брать все и как можно больше, но не Дания. Он решил быть рациональным и не забивать все карманы ненужными ключами. Он отправил вам по «аське» карту и информацию про все магические свойства ключей, и просит написать программу, которая рассчитает минимальное количество ключей каждого вида, которые должен взять Дания, а также их суммарное количество.

### *Формат входных данных*

В первой строке входных данных записано три целых числа  $n$  ( $1 \leq n \leq 10^6$ ),  $m$  ( $1 \leq m \leq 1000$ ) и  $k$  ( $1 \leq k \leq 2000$ ) — количество дверей, ключей и время действия ключа после первого использования соответственно.

Во второй строке записано  $n$  целых чисел  $a_i$  ( $1 \leq a_i \leq m$ ) — номер ключа, которым можно открыть дверь под номером  $i$ . Гарантируется, что на каждый вид ключа будет не более 1000 дверей, которые им открываются.

### *Формат выходных данных*

Выведите в первой строке одно число — общее количество ключей, которое необходимо с собой взять. Во второй строке выведите  $n$  чисел — сколько ключей надо взять на каждый вид по отдельности. Вывод количества ключей идет по порядку: сначала количество ключей с номером 1, затем — с номером 2, и так далее.

### *Примеры*

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
5 2 2
2 1 2 2 1
<b>Стандартный вывод</b>
3
2 1

### *Пояснение к примеру*

Для открытия первой двери нужен новый ключ с номером 2. Для открытия второй нужен новый ключ с номером 1. Для открытия третьей двери мы можем воспользоваться ранее взятым ключом 2, так как его время действия еще не закончилось еще. Для открытия четвертой двери воспользуемся ранее взятым ключом 2, так как мы его на предыдущей двери обновили, и теперь отсчет его времени действия начался снова. Для открытия пятой двери нужен новый ключ с номером 1, так как предыдущий ключ потерял свое действие. Итого нам нужно два ключа с номером 1 и один ключ с номером 2.

## Решение

Создадим отдельный список/словарь, в который будем записывать в качестве индексов/ключей номера ключей от дверей, а в качестве значений под индексами/ключами будет храниться список индексов дверей, которые открываются этими ключами. После этого запускаем цикл, доставая индексы дверей по определенному ключу и вычисляем, сколько нужно ключей определенного типа, чтобы открыть все двери, которые подходят под него. Для того чтобы понимать, нужен новый ключ или нет, воспользуемся следующим условием: если разница между позицией двери и предыдущей двери, открываемой данным ключом, больше времени активности ключа, то требуется новый ключ, в ином случае нет. Если у нас есть хотя бы одна дверь, которая открывается определенным типом ключа, нужно взять минимум один ключ, в ином случае ключи не нужны. Суммируем количество раз, сколько раз, исходя из условия, потребовалось взять еще ключей для дверей, а также добавляем один (чтобы взять первый ключ для дверей). Сохраняем для двери в списке данный результат. В итоге проходимся по всем ключам и дверям для них и выводим сумму всех ключей, а также по отдельности необходимое количество ключей.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n, m, active_time = map(int, input().split())
2 keys = list(map(int, input().split()))
3 arr = [[] for i in range(m)]
4 for i in range(n):
5     arr[keys[i] - 1].append(i)
6 res = 0
7 count_keys = []
8 for doors_by_someone_key in arr:
9     count_keys.append(0)
10    if len(doors_by_someone_key) == 0:
11        continue
12    prev_door = doors_by_someone_key[0]
13    res += 1
14    count_keys[-1] += 1
15    for door in doors_by_someone_key:
16        if door - prev_door > active_time:
17            res += 1
18            count_keys[-1] += 1
19            prev_door = door
20 print(res, count_keys, sep='\n')
```

## Третья волна. Задачи 8–11 класса

### Задача II.1.3.1. Аренда авто (7 баллов)

Темы: базы данных.

#### Условие

Даны фрагменты двух таблиц базы данных некоторой каршеринговой компании.

Таблица II.1.4: Операции

id	Имя	Фамилия	Пол	Дата аренды	id авто	Сумма аренды	Штраф
1	Данил	Смирнов	м	03.08.2023	104	242	Есть
2	Екатерина	Кузнецова	ж	04.08.2023	106	314	Нет
3	Сергей	Попов	м	06.08.2023	105	147	Есть
4	Анастасия	Васильева	ж	08.08.2023	103	150	Нет
5	Елизавета	Штольц	м	10.08.2023	103	219	Есть
7	Дмитрий	Солоков	м	10.08.2023	10	300	Нет
8	Елена	Новикова	ж	12.08.2023	103	258	Есть
9	Михаил	Федоров	м	17.08.2023	10	294	Есть
10	Филипп	Морозов	м	18.08.2023	102	190	Нет
11	Евгений	Волков	м	20.08.2023	101	178	Нет
12	Владислав	Алексеев	м	25.08.2023	103	218	Нет
13	Максим	Лебедев	м	25.08.2023	102	176	Нет
14	Александра	Семенова	ж	28.08.2023	104	315	Есть
15	Арина	Егорова	ж	01.09.2023	102	233	Есть
16	Кристина	Павлова	ж	03.09.2023	101	166	Есть
17	Даниил	Казаченко	м	03.09.2023	102	252	Нет
18	Иван	Козлов	м	04.09.2023	101	323	Есть
19	Агата	Орлова	ж	06.09.2023	106	181	Нет
20	Владимир	Николаев	м	06.09.2023	101	271	Нет
21	Ростислав	Никифоров	м	07.09.2023	106	199	Есть

Таблица II.1.5: Автомобили

id	id авто	Марка	Модель	Номер	Год выпуска	Тип двигателя
1	101	Renault	Kaptur	K123ДЖ 50	2019	бензиновый
2	102	Renault	Logan	K015ТИ 50	2019	бензиновый
3	103	Skoda	Octavia	K329ЮТ 50	2019	дизельный
4	104	Skoda	Octavia	K841ГМ 50	2018	бензиновый
5	105	Audi	A3	K418ДВ 50	2013	дизельный
6	106	Renault	Kaptur	K641ЛТ 50	2017	бензиновый

Таблица **Операции** является информацией о арендаторах, которые воспользовались услугами каршеринговой компании.

В колонках:

- id — номер записи в таблице;
- имя — имя клиента;
- фамилия — фамилия клиента;
- пол — пол клиента;
- дата аренды — дата, когда клиент арендовал автомобиль;
- id авто — номер автомобиля, который арендовал клиент;
- сумма аренды — итоговая сумма аренды автомобиля клиентом;
- штраф — имеет ли клиент штраф за поездку.

Таблица **Автомобили** является информацией об автомобилях компании.

В колонках:

- id — номер записи в таблице;
- id авто — номер автомобиля, который арендовал клиент;
- марка — марка автомобиля;
- модель — модель автомобиля;
- номер — серийный номер автомобиля;
- год выпуска — год, когда был выпущен автомобиль;
- тип двигателя — тип двигателя автомобиля (бензиновый или дизельный).

Исходя из информации данных таблиц, определите, на сколько больше денег заработала компания на мужчинах, которые арендовали бензиновые автомобили, по сравнению с женщинами, арендовавшими дизельные?

### Решение

Автомобили с бензиновыми двигателями имеют id 101, 102, 104, 106.

Автомобили с дизельными двигателями имеют id 103, 105.

Найдем всех мужчин, которые арендовали автомобили с id 101, 102, 104, 106:

id	Имя	Фамилия	Пол	Дата аренды	id авто	Сумма аренды	Штраф
1	Данил	Смирнов	м	03.08.2023	104	242	Есть
7	Дмитрий	Солоков	м	10.08.2023	101	300	Нет
10	Филипп	Морозов	м	18.08.2023	102	190	Нет
11	Евгений	Волков	м	20.08.2023	101	178	Нет
13	Максим	Лебедев	м	25.08.2023	102	176	Нет
17	Даниил	Казаченко	м	03.09.2023	102	252	Нет
18	Иван	Козлов	м	04.09.2023	101	323	Есть
20	Владимир	Николаев	м	06.09.2023	101	271	Нет
21	Ростислав	Никифоров	м	07.09.2023	106	199	Есть

Суммарно получается 2131 руб. Теперь найдем сколько компания заработала на девушках, арендовавших машины с id 103 и 105.

id	Имя	Фамилия	Пол	Дата аренды	id авто	Сумма аренды	Штраф
4	Анастасия	Васильева	ж	08.08.2023	103	150	Нет
8	Елена	Новикова	ж	12.08.2023	103	258	Есть

Итого выходит 408 руб. А значит компания заработал на мужчинах на  $2131 - 408 = 1723$  руб. больше.

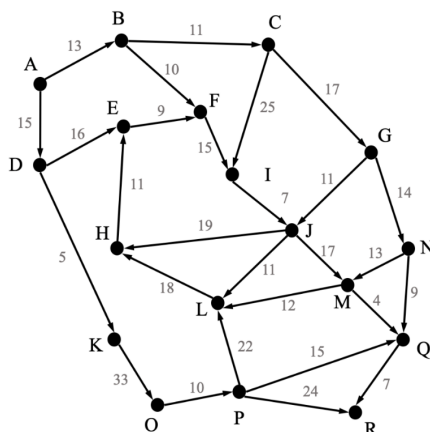
**Ответ:** 1723.

### Задача II.1.3.2. Гонщик (9 баллов)

Темы: теория графов.

### Условие

Даня и Ваня играют в одну известную видеоигру «Нужна скорость». Они прошли ее практически всю, за исключением последней сложной миссии. Им нужно как можно дольше скрываться от преследования на время. После многих безуспешных попыток они решили нарисовать карту гоночной локации, которая приведена на рисунке.

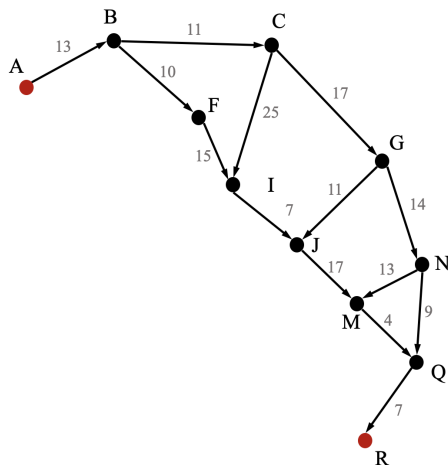


Стартом заезда считается пункт  $A$ , а финишем пункт  $Q$ . Они замерили максимальное время, которое им удастся продержаться на каждом дорожном участке. После замеров Даня и Ваня просят у вас помощи. Найдите максимально возможное время заезда при условии, что через каждый пункт можно проезжать только один раз и двигаться разрешено только в том направлении, куда указана стрелка.

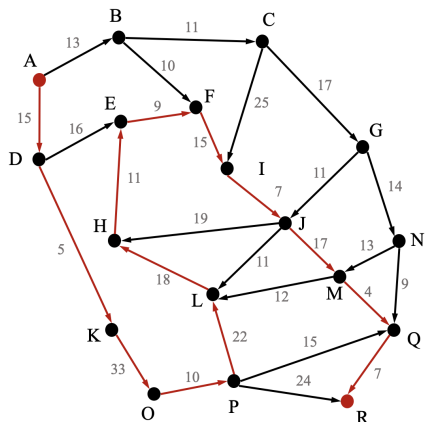
### Решение

Заметим, что в графе присутствуют циклы, поэтому попытаемся их разобрать. Очевидно, что после старта есть два основных направления: либо в пункт  $D$  (направо), либо в пункт  $D$  (вниз).

Если мы идем в пункт  $B$ , то мы никогда не сможем попасть в пункт  $L$  и  $H$ , потому что они вынудят нас пройти через один пункт несколько раз, поэтому картина возможных путей там выглядит очень просто.



Однако если мы идем в пункт D, то мы можем захватить пункт L и H при этом также захватывая и другие пункты из правой части графа.



Применяя обратный алгоритм Дейкстры, сравниваем оба варианта и получаем, что самый долгий путь был на второй картинке, и он составляет 173.

Ответ: 173.

### Задача II.1.3.3. Киновечер (11 баллов)

Темы: кодирование.

### Условие

Недавно Даня и Ваня ходили в кино на показ новой короткометражки «Опенгеймер».

Они, конечно, были впечатлены актерской игрой и сюжетом, но больше всего им стало интересно, какое же максимальное количество цветов используется в картине. Они решили воспользоваться приложением для скачивания фильмов «Толлент». Из него они узнали, что суммарно произведение весит около 17 Гб при разрешении  $1280 \times 720$  и частоте кадров 25 к/с, при этом сама картина длится приблизительно 20 мин, а звук кодировался отдельно и весит 1 Гб памяти.

Из этих данных определите, какое максимальное количество цветов могло использоваться в кадре.

Учтите, что в данной задаче:

- 1 Гб = 1024 Мб;
- 1 Мб = 1024 Кб;
- 1 Кб = 1024 Бита.

### Решение

Первым делом определим общий объем памяти, в который необходимо уложиться для кодирования визуальной составляющей фильма. Если звук занимает 1 Гб, а весь фильм целиком — 17 Гб, то на кодирование картинки остается 16 Гб.

Вес одного любого кадра фильма будет составлять  $1280 \cdot 720 \cdot i$ , где  $i$  — глубина цвета. Видео — это набор картинок, которые показываются с частотой 25 кадров в секунду (по условию) на протяжении 20 мин (также по условию), вес всего видеофайла можно записать как  $V = 1280 \cdot 720 \cdot i \cdot 25 \cdot 20 \cdot 60$ .

Выражаем отсюда неизвестную  $i$ , а вместо  $V$  подставляет найденные 16 Гб, предварительно переведенные в биты:

$$i \leq \frac{16 \cdot 2^{33}}{1280} \cdot 720 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 60,$$

$$i \leq 4,971.$$

Очевидно, что глубина цвета быть дробной не может, и округлить в большую сторону ее тоже нельзя, т.к. мы превысим наш размер видео, значит, максимальное количество бит на кодирование цвета, которые мы можем взять, равно 4.

Количество цветов можно легко найти по формуле  $N = i^2$ , откуда следует, что оно равно 16.

**Ответ:** 16.

### Задача II.1.3.4. Кубическая разница (14 баллов)

Темы: системы счисления.



**Условие**

Существует некоторое четырехзначное число  $x = abcd$  в четверичной системе счисления.

Кроме этого, есть его копия, записанная в обратном порядке, назовем ее  $y = dcba$ .

Сколько можно выбрать пар чисел  $x$  и  $y$  так, чтобы модуль их разности являлся кубом какого-либо целого числа?

**Решение**

По условию задачи имеется четверичное число  $x$ , которое можно так и представить  $x = abcd$ , где переменные  $a, b, c, d \in [0; 3]$ , так как являются цифрами четверичного алфавита.

Кроме того имеется число  $y$  — инвертированная запись числа  $x$ , которая равна  $y = dcba$ , где переменные  $a, b, c, d \in [0; 3]$ , так как являются цифрами четверичного алфавита.

Представляя числа в десятичной системе счисления, запишем уравнение, что разность чисел  $x$  и  $y$  равна кубу некоторого числа  $e$ :

$$(a \cdot 4^3 + b \cdot 4^2 + c \cdot 4^1 + d \cdot 4^0) - (d \cdot 4^3 + c \cdot 4^2 + b \cdot 4^1 + a \cdot 4^0) = e^3,$$

$$(64a + 16b + 4c + d) - (64d + 16c + 4b + a) = e^3,$$

$$64a + 16b + 4c + d - 64d - 16c - 4b - a = e^3,$$

$$63a + 12b - 12c - 63d = e^3,$$

$$63(a - d) + 12(b - c) = e^3.$$

Учитывая, что  $a, b, c, d \in [0; 3]$ , так как являются цифрами четверичного алфавита, как можно получить куб в разнице 63 и 12?

Такой вариант всего 1 и это:  $63 - 12 \cdot 3 = 27$  Значит  $a - d = 1$ ,  $b - c = -3$ .

Тогда подходит пара чисел (2031; 1302). И еще одна пара (3032; 2303).

**Ответ:** 2.

**Задача II.1.3.5. Кубическая разница (14 баллов)**

Темы: алгебра логики.

**Условие**

Даны две логической функции:

$$F_1 = (\neg y \vee (y \wedge \neg z) \wedge (y \vee \neg e)) \rightarrow (x \wedge w \vee w \wedge x),$$

$$F_2 = ((\neg x \vee \neg y \vee \neg z) \wedge (x \vee y \wedge z)) \wedge (\neg w \vee (e \wedge w \vee w \wedge \neg e)).$$

Определите, в скольких из всех возможных значений пяти переменных  $x, y, z, w, e$  результаты двух функций будут отличаться друг от друга?

**Решение**

Упростим обе функции.

Функцию  $F_1 = (\neg y \vee (y \wedge \neg z) \wedge (y \vee \neg e)) \rightarrow (x \wedge w \vee \neg w \wedge x)(x \wedge w \vee \neg w \wedge x)$  можно упростить по свойствам дистрибутивности:  $(x \wedge (w \vee \neg w))$  и  $w \vee \neg w$  всегда будет истинно:  $x \wedge 1 = x$ .

Получим

$$F_1 = (\neg y \vee (y \wedge \neg z) \wedge (y \vee \neg e)) \rightarrow x.$$

$(y \wedge \neg z) \wedge (y \vee \neg e)$  можно расширить по свойствам дистрибутивности, приняв, что  $(y \wedge \neg z) = a$ , тогда получим:

$$a \wedge (y \vee \neg e) = (y \wedge a) \vee (\neg e \wedge a) = (y \wedge (y \wedge \neg z)) \vee (\neg e \wedge (y \wedge \neg z)).$$

Передвинем в левой части скобки по свойству ассоциативности:

$$((y \wedge y) \wedge \neg z) \vee (\neg e \wedge (y \wedge \neg z)).$$

Упростим  $y \wedge y$  по свойству идемпотентности:  $(y \wedge \neg z) \vee (\neg e \wedge (y \wedge \neg z))$ .

Вернув  $a = (y \wedge \neg z)$ , упростим выражение по свойству поглощения:

$$a \vee (\neg e \wedge a) = a = (y \wedge \neg z),$$

$$F_1 = (\neg y \vee (y \wedge \neg z)) \rightarrow x.$$

В левой части выражения разложим выражение по свойству дистрибутивности:

$$\neg y \vee (y \wedge \neg z) = (\neg y \vee y) \wedge (\neg y \vee \neg z);$$

$(\neg y \vee y)$  всегда будет истинно:

$$1 \wedge (\neg y \vee \neg z) = \neg y \vee \neg z.$$

$$F_1 = (\neg y \vee \neg z) \rightarrow x.$$

Разложим импликацию:

$$(\neg y \vee \neg z) \rightarrow x = \neg(\neg y \vee \neg z) \vee x.$$

Применим на скобку закон Де Моргана:  $y \wedge z \vee x$ .

$$F_1 = y \wedge z \vee x,$$

$$F_2 = ((\neg x \vee \neg y \vee \neg z) \wedge (x \vee y \wedge z)) \wedge (\neg w \vee (e \wedge w \vee w \wedge \neg e)).$$

$(e \wedge w \vee w \wedge \neg e)$  можно упростить по свойствам дистрибутивности:

$$(w \wedge (\neg e \vee e)); \neg e \vee e \text{ всегда истина: } w \wedge 1 = w.$$

$$F_2 = ((\neg x \vee \neg y \vee \neg z) \wedge (x \vee y \wedge z)) \wedge (\neg w \vee w) \neg w \vee w \text{ всегда истина: } 1.$$

$$F_2 = ((\neg x \vee \neg y \vee \neg z) \wedge (x \vee y \wedge z)).$$

Выражения упрощены до трех переменных, следовательно, две переменные не влияют на результат.

Также если менять значения этих переменных, то ответ, зависмый от трех других, будет повторяться.

Следовательно, ответы будут повторяться в  $2^2$  (выборка вариантов переменной (0, 1) в степени количества переменных) = 4 раза.

Составим таблицу истинности.

$x$	$y$	$z$	$F_1$	$F_2$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	0

Результат функций различается только в одном случае.

Так как у нас есть переменные, не влияющие на результат, но повторяющиеся значения функций четыре раза, умножим количество повторений на количество различающихся значений функций:  $1 \cdot 4 = 4$ .

**Ответ:** 4.

### **Задача II.1.3.6. Трасса (14 баллов)**

*Темы: программирование.*

#### **Условие**

В новом современном городе строят новую современную скоростную трассу длиной  $s$  м. Ее необходимо оборудовать так, чтобы она могла выдерживать большое количество машин и чтобы она не создавала больших пробок и аварийных ситуаций. Поэтому было принято решение посмотреть на другой, аналогичный город с такой же успешной трассой и запросить с камер записи о том, сколько машин там фиксируется за день.

Всего с камер было получено  $n$  машин, и по каждой была информация во сколько она заезжает на трассу и с какой скоростью ехала в м/с. После получения этой информации было решено узнать максимальную нагрузку в какую-то из секунд на трассе. От этого значения они и хотят понимать, какую нагрузку должна выдерживать трасса. Вы, как опытный программист и сотрудник ИТ-отдела города, взялись за эту задачу.

Напишите программу, которая по этим данным опередит максимальную нагрузку на трассу в какую-то из секунд.

**Формат входных данных**

В первой строке входных данных записано два целых числа  $n$  ( $1 \leq n \leq 10^5$ ) и  $s$  ( $1 \leq s \leq 10^6$ ) — количество зафиксированных машин и длина трассы. В следующих  $n$  строках по два целых числа  $t$  ( $1 \leq t \leq 10^6$ ) и  $v$  ( $1 \leq v \leq s$ ) — время заезда на трассу и скорость на трассе в м/с соответственно.

Гарантируется, что длина трассы кратна каждой скорости во входных данных.

**Формат выходных данных**

Выведите одно число — максимальное количество машин на трассе в некоторую секунду.

**Методика проверки**

Первая машина заедет на третьей секунде и выйдет на 5: [3, 5).

Вторая машина заедет на второй секунде и выйдет на 8: [2, 8).

Третья машина заедет на первой секунде и выйдет на 13: [1, 13).

Четвертая машина заедет на пятой секунде и выйдет на 6: [5, 6).

Итого максимальное количество машин будет замечено на четвертой секунде. Одновременно на трассе будет первая, вторая и третья машины.

**Примеры***Пример №1*

Стандартный ввод
4 60
3 30
2 10
1 5
5 60
Стандартный вывод
3

**Решение**

Определим два события, которые у нас возможны в задаче:

- машина заехала на трассу в определенный момент времени, обозначим это как +1 машина;
- машина выехала с трассы в определенный момент времени, обозначим это как -1 машина.

Каждое событие мы можем без особых проблем сохранять в массив и после работать с ним.

Первое событие мы можем сохранить в массив как пару (время заезда, 1), где время заезда — параметр из входных данных, а 1 — это аналог +1, дающий нам сигнал, что на трассе появилась новая машина.

Второе событие мы можем сохранить в массив как пару (время выезда, -1), где время выезда — это сумма времени заезда на трассу и длины трассы, поделенной на скорость машины, а -1 — сигнал о том, что машина выехала с трассы (-1 машина).

Отсортируем массив по первому параметру пар чисел: временам заезда и выезда с трассы. Тем самым мы получим последовательность действий на трассе. Запускаем цикл по массиву и, если действие равняется заезду машины, увеличиваем количество машин на трассе, в ином случае — уменьшаем.

Так как у нас действия помечены как 1 (+1) и -1, можем в количество машин добавлять именно их. Заведем отдельно переменную, в которой будем хранить максимальное количество машин, которое было за все время на трассе. Его мы будем обновлять после каждого действия следующим способом: если количество машин на трассе в определенный момент времени больше, чем записано в переменной, то обновляем ее значение.

По окончании цикла выводим максимальное количество машин, которое было зафиксировано.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n, s = map(int, input().split())
2 arr = []
3 for i in range(n):
4     time_in, speed = map(int, input().split())
5     arr.append((time_in, 1))
6     arr.append((time_in + s // speed, -1))
7 arr.sort()
8 max_cars_per_sec = 0
9 cur_cars_per_sec = 0
10 for i in range(2 * n):
11     cur_cars_per_sec += arr[i][1]
12     max_cars_per_sec = max(max_cars_per_sec, cur_cars_per_sec)
13 print(max_cars_per_sec)

```

### Задача II.1.3.7. Игра +1 (14 баллов)

Темы: программирование.

#### Условие

Игра +1 — это современная, набирающая популярность игра в просторах интернета. Она завлекает всех своей простотой и желанием добиваться высоких результатов за минимальное количество действий.

Давайте немного познакомимся с ее сутью. Нам выложено некое поле размером  $1 \times n$  клеток. В каждой клетке записано некоторое число.

Если на поле есть два одинаковых числа, то их можно объединить. Операция объединения удаляет два числа, над которыми была произведена операция, а также создает новое число (на одной из освободившейся клетке), которое на единицу больше удаленных.

Например, если была объединена пара двоек, то они будут удалены, а новым числом будет 3.

Игра считается законченной, если было получено некоторое загаданное число  $m$  или на поле больше нет одинаковых чисел.

Как мы обсудили ранее, игроки хотят побеждать за минимальное количество действий. Так как единственное действие, которое существует — это объединение, то, соответственно, побеждать за минимальное количество объединений. Один из игроков решил считать и попросил вас написать ему программу, которая, исходя из поля, будет определять, сколько минимально чисел с первоначального поля надо объединить между собой, чтобы закончить игру, или выведите  $-1$ , если невозможно собрать нужное число.

В ответе не учитывайте объединения между новыми числами, которые получаются после объединения.

### ***Формат входных данных***

В первой строке входных данных записано два целых числа  $n$  ( $1 \leq n \leq 10^6$ ) и  $m$  ( $2 \leq m \leq 100$ ) — количество чисел и цель, которую надо получить.

Во второй строке записано  $n$  целых чисел  $a_i$  ( $1 \leq a_i < 100$ ,  $\max(a) < m$ ) — числа на поле.

### ***Формат выходных данных***

Выведите одно число — минимальное количество чисел из первоначального поля, которое надо объединить для получения нужного результата.

### ***Примеры***

#### *Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
6 4
1 2 3 1 1 2
<b>Стандартный вывод</b>
3

### ***Пояснение к примеру***

Для получения результата 4 достаточно выбрать  $[2, 3, 2][2, 3, 2]$ :

- четверки суммируются как одинаковая пара чисел, получая новое число:  $[3, 3][3, 3]$ ;

- восьмерки суммируются как одинаковая пара чисел, получая новое число:  $[4][4]$ .

### Решение

Создадим список/словарь, в котором подсчитаем количество каждого числа, которые нам даны на вход.

Подсчет будем ввести следующим образом: в качестве индекса/ключа будем использовать само число, а в качестве значения — сколько раз оно встретилось.

После этого заведем переменную, в которой будем хранить число, которое мы хотим достичь на определенном шагу, а также необходимое количество этих чисел.

В начальный момент времени у нас значение этой переменной равно конечному результату, который дан во входных данных, а необходимое количество — 1 (само число).

Запускаем цикл, который будет работать до тех пор, пока не соберем все числа, либо пока число, которое мы хотим достичь, не дойдет до нуля (несуществующего числа).

На каждом шагу проверяем через список/словарь, есть ли у нас необходимое количество выбранного числа. Если их достаточно, добавляем недостающее количество чисел и указываем, что собрали все числа (указывает, что нужно 0 чисел). В ином случае отнимаем часть, которую мы можем покрыть, и оставшееся необходимое количество чисел умножаем на два (так как чтобы собрать число  $x$ , необходимо два числа  $x - 1$ , описано подробнее в условии), а также меняем нынешнее число, которые нам нужно собрать, уменьшая его значение на 1.

Помимо этого мы ведем на каждом шагу подсчет того, сколько чисел мы взяли, для этого заранее заведем переменную.

После окончания работы циклы проверяем: если остались числа, которые мы не смогли набрать, выводим  $-1$ , в ином случае выводим переменную, в которой мы ввели подсчет, сколько чисел взято на каждом шагу.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n, goal = map(int, input().split())
2 arr = list(map(int, input().split()))
3 counted = [0] * 101
4 for value in arr:
5     counted[value] += 1
6 current_need = 1
7 current_goal = goal
8 res = 0
9 while current_need > 0 and current_goal > 0:
10     res += min(current_need, counted[current_goal])
11     current_need = max(0, current_need - counted[current_goal]) * 2
12     current_goal -= 1
13 if current_need > 0:
14     print(-1)
```

```
15 else:  
16     print(res)
```



# Предметный тур. Физика

## Первая волна. Задачи 8–9 класса

### Задача II.2.1.1. Конвейер (13 баллов)

Темы: кинематика.

#### Условие

Робот-доставщик по ошибке заехал на один из концов конвейерной ленты длиной  $L$ , движущуюся с постоянной скоростью  $v$  в противоположном ее движению направлению. Продолжая двигаться с постоянной относительно ленты скоростью  $u$ , робот сумел покинуть конвейер через время  $t$ . Определите  $u$ . Ответ дайте в м/с, округлив до сотых.

#### Решение

Скорость робота относительно земли  $v_1 = L/t$  складывается (с правильным учетом знаков) из его скорости относительно поверхности ленты и скорости ленты относительно земли:

$$\frac{L}{t} = v_1 = u - v.$$

Откуда простыми алгебраическими преобразованиями получим:

$$u = v + \frac{L}{t}.$$

Погрешность 0,02 м/с.

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$L$ , м	19	23	1
$v$ , м/с	1,6	1,9	0,05
$t$ , с	150	250	10

Ответ:  $u = v + \frac{L}{t}$ .

### Задача II.2.1.2. Выжигатель (17 баллов)

Темы: плотность, тепловые явления.

**Условие**

Температура кипения сплава на  $t$  выше его текущей температуры. Его удельная теплоемкость  $c$ , удельная теплота возгонки (испарения из твердого состояния)  $L$ , плотность  $\rho$ . Какой должна быть минимальная энергия  $E$  лазерного импульса, чтобы он был способен испарить кубик сплава со стороной  $a$  при условии полного поглощения энергии импульса веществом? Считайте, что импульс настолько кратковременный, что сплав не успевает пройти жидкую фазу и испаряется непосредственно из твердой. Ответ дайте в Дж, округлив до десятых.

**Решение**

Теплота, необходимая для нагрева и последующего испарения сплава массы  $m$ , находится по формуле:

$$Q = (ct + L)m.$$

По условиям вся энергия импульса поглощается веществом, то есть переходит в тепло. Следовательно,  $E = Q$ . Масса сплава может быть выражена через его плотность и объем испаренной порции:  $m = \rho a^3$ . Подставляя, получим:

$$E = (ct + L)\rho a^3.$$

Погрешность 0, 2 Дж.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$t$ , °C	2200	2700	10
$c$ , Дж/(кг·°C)	400	500	10
$L$ , кДж/кг	5500	7000	100
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	6000	8000	100
$a$ , мм	0, 6	1	0, 1

**Ответ:**  $E = (ct + L)\rho a^3$ . С учетом порядков:  $E = (ct + L[\cdot 10^3])\rho a^3[\cdot 10^{-9}]$ .

**Задача II.2.1.3. Катушка (20 баллов)**

Темы: закон Ома.

**Условие**

При изготовлении реостата на диэлектрическую бобину диаметром  $D$  был намотан в  $N$  одинаковых, плотно прилегающих к бобине витков, константановый провод в лаковой изоляции. Площадь поперечного сечения провода  $S$ , удельное сопротивление константана  $\rho = 0,4 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ . Номинальное сопротивление резистора было вычислено и указано в паспорте устройства, исходя из этих параметров, однако от износа  $n$  последних витков проволоки перетерлось и отвалилось. Найдите максимальное значение  $n$ , при котором сопротивление реостата отличается от номинального не более, чем на  $\Delta R$ .

**Решение**

Один виток провода имеет длину  $l = \pi D$  и электрическое сопротивление:

$$r = \frac{\rho l}{S} = \frac{\pi \rho D}{S}.$$

Каждый отвалившийся виток уменьшает общее сопротивление резистора на величину  $r$ . Таким образом,

$$n = \left[ \frac{\Delta R}{r} \right] = \left[ \frac{\Delta R S}{\pi \rho D} \right].$$

Погрешность 1.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$D$ , см	3	5	0,1
$S$ , мм <sup>2</sup>	0,1	0,2	0,02
$N$	100	250	10
$\Delta R$ , Ом	3	5	0,5

**Ответ:**  $n = \left[ \frac{\Delta R S}{\pi \rho D} \right]$ . С учетом порядков:  $n = \left[ \frac{\Delta R S}{\pi \rho D} \cdot 10^2 \right]$ .

**Задача II.2.1.4. Болт (20 баллов)**

*Темы: золотое правило механики, работа.*

**Условие**

При болтовом соединении деталей болт немного удлиняется, работая как растянутая пружина, прижимающая детали друг к другу с некоторой описанной в технической документации силой  $F$ . Определите, какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы растянуть болт на величину  $\Delta l$  и создать таким образом силу  $F$  с помощью ключа длиной  $L$ , если диаметр резьбы болта равен  $d$ , диаметр шляпки  $D$ , шаг резьбы —  $b$ ? Трение и деформацию самих соединяемых деталей считайте пренебрежимо малым. Ответ дайте в Дж, округлив до целого.

**Решение**

Резьба болта и гаечный ключ представляют собой простые механизмы, дающие выигрыш в силе, но не изменяющие, согласно золотому правилу механики, работу. Поэтому общая работа, которая нужна, чтобы растянуть болт, вне зависимости от способа, считается как работа переменной силы или как разность потенциальных энергий деформированного тела (болта). При этом малость деформации позволяет применить здесь закон Гука:

$$A = \frac{F \Delta l_{\text{к}}}{2} - \frac{F \Delta l_{\text{н}}}{2}.$$

Учитывая  $\Delta l_{\text{ц}} = 0$ , получим окончательно:

$$A = \frac{F\Delta l}{2}.$$

Погрешность 1 Дж.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$F$ , кН	200	250	10
$\Delta l$ , мм	0,25	0,35	0,01
$L$ , см	40	70	5
$d$ , мм	20	25	1
$D$ , мм	30	40	1
$b$ , мм	2	3	0,1

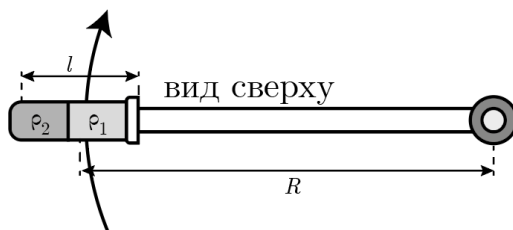
Ответ:  $A = \frac{F\Delta l}{2}$ .

### Задача II.2.1.5. Центрифуга (25 баллов)

Темы: центростремительное ускорение, гидростатическое давление.

#### Условие

Для разделения жидких смесей в лаборатории используется центрифуга, представляющая собой горизонтальное колесо радиуса  $R$ , на ободе которого закрепляются пробирки с жидкостью, ориентированные дном строго от центра колеса. Найдите давление, оказываемое на дно пробирки длиной  $l$  при ее вращении в центрифуге, если пробирка совершает один оборот за время  $T$  и ровно на половину своего объема пробирка заполнена составом с плотностью  $\rho_1$  и ровно на половину — другим составом с плотностью  $\rho_2$ . Считайте  $R \gg l$ , а влияние силы тяжести пренебрежимо малым. Ответ дайте в кПа, округлив до целого. Длина окружности в  $2\pi$  раз больше ее радиуса.



**Решение**

Линейная скорость пробирки может быть найдена по формуле  $v = 2\pi R/T$ , поскольку путь, проходимый пробиркой за время  $T$ , равен длине окружности с радиусом  $R$ . Соответствующее ей центростремительное ускорение  $a$  равно:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}.$$

Это ускорение играет роль ускорения свободного падения в формуле гидростатического давления  $\rho gh$ , что может быть доказано из условий равновесия элемента жидкости. Поскольку жидкости в пробирке две и каждая из них создает столб «высотой»  $l/2$ , для общего давления получим:

$$p = \frac{2\pi^2 Rl}{T^2} (\rho_1 + \rho_2).$$

Погрешность 3 кПа.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$\nu$ , об/с	5	7	0,5
$R$ , см	90	120	5
$l$ , см	6	8	1
$\rho_1$ , кг/м <sup>2</sup>	800	980	20
$\rho_2$ , кг/м <sup>2</sup>	1020	1200	20

**Ответ:**  $p = \frac{2\pi^2 Rl}{T^2} (\rho_1 + \rho_2)$ . С учетом порядков  $p = \frac{2\pi^2 Rl}{T^2} (\rho_1 + \rho_2) [\cdot 10^{-7}]$ .

**Задача II.2.1.6. (5 баллов)**

Темы: физики России.

**Условие**

Этого выдающегося ученого, обучавшегося еще в технологическом институте Николая I, но удостоенного и ленинской, и сталинской премий, нередко называют родоначальником советской физики. Такие известные физики как Капица и Курчатов достигли своих выдающихся результатов под его руководством, а сам он был воспитан под руководством первооткрывателя «икс-лучей», используемых теперь в каждой поликлинике.

1. Петр Николаевич Лебедев.
2. Абрам Федорович Иоффе.
3. Николай Алексеевич Умов.
4. Александр Александрович Фридман.
5. Сергей Александрович Ахманов.

6. Рем Викторович Хохлов.
7. Владимир Александрович Фок.
8. Михаил Васильевич Остроградский.

Ответ: 2.

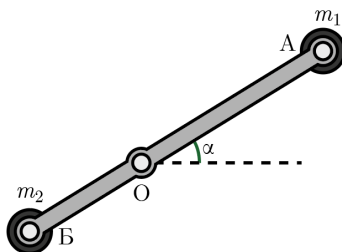
## Первая волна. Задачи 10–11 класса

### Задача II.2.2.1. Противовес (15 баллов)

Темы: кинематика, импульс.

#### Условие

Легкий рычаг АОБ, способный вращаться вокруг неподвижной точки О, где  $BO = l$ ,  $OA = 2l$  используется на производственной линии для перемещения грузов. В его точке А закреплен груз  $m_1$ , в точке Б — противовес  $m_2$ . В некоторый момент модуль импульса груза в точке А равен  $p_1$ . Найдите модуль импульса противовеса в этот же момент времени. Дайте ответ в  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ , округлив до целого.



#### Решение

Поскольку  $BO : OA = 1 : 2$ , скорости двух масс всегда связаны соотношением  $v_1 = 2v_2$ . Тогда их импульсы связаны соотношением:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} = \frac{m_2}{2m_1}.$$

Отсюда окончательно получим:

$$p_2 = p_1 \frac{m_2}{2m_1}.$$

Погрешность  $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$l$ , м	1	1,5	0,1
$m_1$ , кг	50	80	5
$m_2$ , кг	50	80	5
$p_1$ , кг · м/с	50	160	10

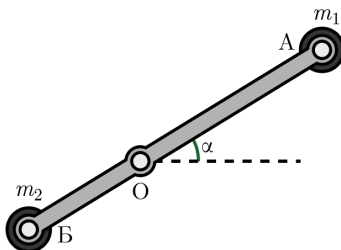
Ответ:  $p_2 = p_1 \frac{m_2}{2m_1}$ .

### Задача II.2.2.2. Качели (20 баллов)

Темы: законы сохранения.

#### Условие

Легкий рычаг АОБ, способный вращаться вокруг неподвижной точки О, где  $BO = l$ ,  $OA = 2l$  используется, на производственной линии для перемещения грузов. В его точке А закреплен груз  $m_1$ , в точке Б — противовес  $m_2$ . В некоторый момент электропривод в точке О удерживал рычаг под углом  $\alpha$  к горизонту. В этот момент произошла авария, в результате которой привод в точке О перестал действовать, и рычаг пришел в свободное вращение вокруг этой оси. Определите скорость  $v_1$  точки А рычага в момент, когда она оказалась строго под точкой Б. Дайте ответ в м/с, округлив до десятых. Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .



#### Решение

Поскольку  $BO : OA = 1 : 2$ , скорости двух масс всегда связаны соотношением  $v_1 = 2v_2$ . Высоты (относительно точки О), на которых находились массы в момент аварии, равны  $h_{01} = 2l \sin \alpha$ ,  $h_{02} = -l \sin \alpha$ . Аналогично высоты, на которых находились массы в момент, когда точка Б оказывается строго под точкой А, равны  $h_1 = -2l$ ,  $h_2 = l$ .

Тогда закон сохранения энергии для масс на концах рычага имеет вид:

$$(2m_1 - m_2)gl \sin \alpha = (m_2 - 2m_1)gl + \left(m_1 + \frac{m_2}{4}\right) \frac{v_1^2}{2}.$$

Из этого уравнения можно непосредственно выразить скорость  $v_1$ :

$$v_1 = \sqrt{\frac{8gl(2m_1 - m_2)(1 + \sin \alpha)}{4m_1 + m_2}}.$$

Погрешность 0, 2 км/ч.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$l$ , м	1	1, 5	0, 1
$m_1$ , кг	50	80	5
$m_2$ , кг	50	80	5
$\alpha$ , °	30	70	5

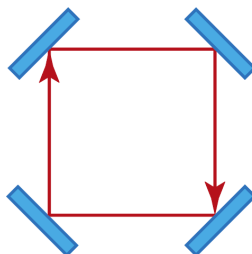
Ответ:  $v_1 = \sqrt{\frac{8gl(2m_1 - m_2)(1 + \sin \alpha)}{4m_1 + m_2}}.$

### Задача II.2.2.3. Резонатор (20 баллов)

Темы: оптика.

#### Условие

Кольцевой оптический резонатор представляет собой квадрат со стороной  $a$ , в углах которого расположены наклоненные под  $45^\circ$  к ходу луча зеркала. При каждом падении на зеркало  $k\%$  энергии света отражается, а остальные  $(100 - k)\%$  поглощаются материалом зеркала. Какая доля изначальной энергии останется у светового луча, когда он сделает  $N$  полных витков? Ответ дайте в процентах.



#### Решение

За один виток свет совершает 4 отражения. В ходе каждого из них его энергия изменяется в  $k/(100\%)$  раз. Таким образом, общая  $\eta$  доля сохранившейся энергии равна:



$$\eta = \left( \frac{k}{100\%} \right)^{4N} \cdot 100\%.$$

Погрешность 1%.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$a$ , см	10	50	5
$k$	98,5	99,5	0,5
$N$	20	30	1

Ответ:  $\eta = \left( \frac{k}{100\%} \right)^{4N} \cdot 100\%.$

### Задача II.2.2.4. Спидометр (20 баллов)

Темы: кинематика.

#### Условие

Спидометр спутниковой системы навигации, показывая текущую скорость, на самом деле определяет ее как среднюю скорость за последние  $t$  движения. Определите мгновенную скорость аппарата, если его спидометр сейчас показывает скорость  $v_1$ ,  $t$  назад показывал скорость  $v_2$  и известно, что аппарат движется равноускоренно. Ответ дайте в км/ч, округлив до десятых.

#### Решение

При равноускоренном движении на протяжении некоторого времени  $t$  с начальной скоростью  $v_0$  и ускорением  $a$  конечная скорость оказывается равна  $v = v_0 + at$ , а средняя

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2} = v_0 + \frac{at}{2}.$$

При этом, поскольку по прошествии дополнительного времени  $t$  и  $v$ , и  $v_0$  вырастет на  $at$ , средняя скорость также вырастет на  $at$ . Следовательно, ускорение аппарата может быть найдено как

$$a = \frac{v_1 - v_2}{t},$$

а его мгновенная скорость:

$$v = v_1 + \frac{at}{2} = v_1 + \frac{v_1 - v_2}{2} = \frac{3v_1 - v_2}{2}.$$

Погрешность 0,1 км/ч.

*Диапазоны*

Величина	min	max	Шаг
$t$ , с	1,5	3	0,25
$v_1$ , км/ч	52	56	0,5
$v_2$ , км/ч	47	51	0,5

**Ответ:**  $v = \frac{3v_1 - v_2}{2}$ .

**Задача II.2.2.5. Разрядка (20 баллов)**

*Темы: электростатика.*

**Условие**

Испытываемая в лаборатории антенна состоит из двух одинаковых металлических шаров, разнесенных на некоторое расстояние и соединенных перемычкой из материала с очень высоким, но конечным сопротивлением. В результате шары обмениваются зарядом таким образом, что за каждый интервал времени  $t$  разница между их зарядами сокращается вдвое. В некоторый момент первый шар был заряжен, а второй — нет. Спустя  $t$  было измерено, что сила электростатического взаимодействия между шарами антенны равна  $F_0$ . Какой станет эта сила, спустя еще  $t$  времени? Явлением электростатической индукции пренебречь. Ответ дайте в нН (наноньютоны), округлив до целого.

**Решение**

Пусть в начальный момент времени заряженный шар имеет заряд  $q$ . Тогда, спустя  $t$ , заряды на шарах должны отличаться на  $q/2$ , что, по закону сохранения заряда, возможно только если их заряды будут равны  $3q/4$  и  $q/4$ . Соответствующая сила взаимодействия находится по закону Кулона:

$$F_0 = k \frac{(q/4)(3q/4)}{r^2} = \frac{3}{16} \cdot \frac{kq^2}{r^2}.$$

Спустя еще  $t$  разница между зарядами должна оказаться равна  $q/4$ , а заряды, соответственно,  $5q/8$  и  $3q/8$ . Соответствующая сила:

$$F = k \frac{(3q/8)(5q/8)}{r^2} = \frac{15}{64} \cdot \frac{kq^2}{r^2} = \frac{5}{4} F_0.$$

Погрешность 1 нН.

*Диапазоны*

Величина	min	max	Шаг
$t$ , с	5	40	1
$F$ , нН	10	100	2

**Ответ:**  $F = \frac{5}{4} F_0$ .

### Задача II.2.2.6. (5 баллов)

Темы: физики России.

#### Условие

Этого выдающегося ученого, обучавшегося еще в технологическом институте Николая I, но удостоенного и ленинской, и сталинской премий, нередко называют родоначальником советской физики. Такие известные физики как Капица и Курчатов достигли своих выдающихся результатов под его руководством, а сам он был воспитан под руководством первооткрывателя «икс-лучей», используемых теперь в каждой поликлинике.

1. Рем Викторович Хохлов.
2. Абрам Федорович Иоффе.
3. Владимир Александрович Фок.
4. Александр Александрович Фридман.
5. Сергей Александрович Ахманов.
6. Петр Николаевич Лебедев.
7. Николай Алексеевич Умов.
8. Михаил Васильевич Остроградский.

Ответ: 2.

## Вторая волна. Задачи 8–9 класса

### Задача II.2.3.1. Катапульта (10 баллов)

Темы: кинематика.

#### Условие

Для запуска беспилотного летательного аппарата используется катапульта — длинная балка с установленным на ней линейным двигателем, способным создавать постоянное ускорение  $a$ . Для успешного взлета аппарат должен успеть набрать скорость  $v$  относительно воздуха до отрыва от катапульти. Вычислите минимальную необходимую длину катапульти, если взлет должен успешно осуществляться при попутном ветре со скоростью не выше  $u$ . Ответ дайте в м, округлив до десятых.

#### Решение

При попутном ветре скорость аппарата относительно воздуха равна  $v = v_0 + u$ , где  $v_0$  — его скорость относительно катапульти. Как известно из кинематики (или законов сохранения), на расстоянии  $l$ , двигаясь с постоянным ускорением  $a$ , беспилотник может увеличить квадрат скорости на величину  $v^2 = 2al_0$ . Отсюда найдем изначальную длину балки:

$$l = \frac{v^2}{2a} = \frac{(v + u)^2}{2a}.$$

Погрешность 0,1 м.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$a$ , м/с <sup>2</sup>	25	40	1
$v$ , м/с	9	12	0,5
$u$ , м/с	2	4	0,5

Ответ:  $l = \frac{(v + u)^2}{2a}$ .

### Задача II.2.3.2. Отвердевание (15 баллов)

Темы: плотность.

#### Условие

Некоторый полимер был получен в жидком состоянии, в котором он целиком занимал лабораторную чашку объемом  $V_0$  и имел плотность  $\rho_0$ . Затем он был нагрет в специальной печи, в результате чего из состава испарились все летучие фракции общей массой  $\Delta m$ , а оставшееся вещество застыло, образовав твердый сгусток с плотностью  $\rho$ . Определите объем, занимаемый твердым веществом в чашке, если известно, что пустоты в процессе застывания не образуются и никакие внешние соединения не включаются в полимер. Ответ дайте в см<sup>3</sup>, округлив до целого.

#### Решение

Изначальная масса полимера равна  $m_0 = \rho_0 V_0$ . За счет испарения она уменьшилась на  $\Delta m$ . Процесс отвердевания не изменяет массы вещества, поэтому объем образовавшегося твердого вещества равен  $V = (m_0 - \Delta m) / \rho$ . Окончательно:

$$V = \frac{\rho_0 V_0 - \Delta m}{\rho}.$$

Погрешность 5 см<sup>3</sup>.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$V_0$ , см <sup>3</sup>	1200	1500	100
$\rho_0$ , г/см <sup>3</sup>	0,9	1,1	0,02
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,4	1,7	0,02
$\Delta m$ , г	100	150	10

Ответ:  $V = \frac{\rho_0 V_0 - \Delta m}{\rho}$ .

### Задача II.2.3.3. Три образца (20 баллов)

Темы: электростатика.

#### Условие

В лабораторию поступило три металлических образца одинаковых размеров А, Б и В, электрически заряженных в ходе трех разных малоисследованных процессов. Лаборанты записали результаты измерений их зарядов  $q_{1,2,3}$ , но позже выяснилось, что процедура проведения эксперимента была нарушена и было допущено соприкосновение образцов друг с другом. В ходе анализа записей лабораторной камеры удалось установить, что вначале соприкоснулись образцы А и Б, после чего на одном из них был измерен заряд  $q_1$ . Затем с этим образцом дополнительно соприкоснулся образец В, после чего на нем был измерен заряд  $q_2$ . После этого все три образца соприкоснулись одновременно и на одном из них был измерен заряд  $q_3$ . Восстановите по этим данным исходное значение заряда образца В. Считайте, что процедура измерения величины заряда на образце не меняет. Ответ дайте в нКл (нанокулонах), округлив до целого.

#### Решение

Когда два металлических предмета одинаковых размеров соприкасаются, на них устанавливаются одинаковые электрические заряды. По закону сохранения заряда они должны быть равны среднему арифметическому исходных зарядов.

Тогда после первого соприкосновения

$$q_1 = \frac{q_A + q_B}{2},$$

после второго

$$q_2 = \frac{q_1 + q_B}{2},$$

а после третьего

$$q_3 = \frac{q_A + q_B + q_B}{3} = \frac{2q_1 + q_B}{3}.$$

Решая эту систему уравнений, легко получим:

$$q_B = 4q_2 - 3q_3.$$

Погрешность 1 нКл.

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$q_1$ , нКл	-20	20	4
$q_2$ , нКл	-20	20	4
$q_3$ , нКл	-20	20	4

Ответ:  $q_B = 4q_2 - 3q_3$ .

### Задача II.2.3.4. Топливо (25 баллов)

Темы: тепловые явления.

#### Условие

На некоторой планете были обнаружены залежи жидкого состава, состоящего из двух трудно разделяемых компонент. Первая из них химически инертна (не участвует ни в каких превращениях) и имеет теплоемкость  $c_1$ . Вторая имеет теплоемкость  $c_2$  и горит в атмосфере планеты с удельной теплотой сгорания  $q$ . Смесь воспламеняется при температуре  $\theta$ , а окружающая среда планеты имеет температуру  $t$ . Определите, какую минимальную долю от общей массы смеси должна составлять масса горючей компоненты, чтобы горение смеси производило не меньше энергии, чем уходит на ее нагрев до температуры воспламенения. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

#### Решение

Рассмотрим некоторую массу  $m$  смеси. Она содержит  $m_2 = \alpha m$  горючей и  $m_1 = (1 - \alpha)m$  негорючей жидкостей. Для воспламенения необходимо нагреть смесь на  $\Delta t = \theta - t$ , на что уйдет

$$Q_1 = (c_1 m_1 + c_2 m_2) \Delta t = m(c_1(1 - \alpha) + c_2 \alpha)(\theta - t)$$

теплоты. При этом от сгорания второй компоненты выделится  $Q_2 = q m_2$  теплоты. Приравнявая  $Q_1$  и  $Q_2$ , получим:

$$m \alpha q = m(c_1(1 - \alpha) + c_2 \alpha)(\theta - t),$$

откуда окончательно выразим ответ:

$$\alpha = \frac{c_1(\theta - t)}{(\theta - t)(c_1 - c_2) + q} \cdot 100\%.$$

Погрешность 0,1%.

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$c_1$ , Дж/(кг·°C)	300	500	20
$c_2$ , Дж/(кг·°C)	310	510	20
$q$ , МДж/(кг)	13	17	0,5
$\theta$ , °C	800	950	10
$t$ , °C	-80	-50	5

**Ответ:**  $\alpha = \frac{c_1(\theta - t)}{(\theta - t)(c_1 - c_2) + q} \cdot 100\%$ .

С учетом порядков  $\alpha = \frac{c_1(\theta - t)}{(\theta - t)(c_1 - c_2) + q \cdot [10^6]} \cdot 100\%$ .

**Задача II.2.3.5. Геккон (25 баллов)**Темы: давление, сила трения.**Условие**

Робот-геккон может перемещаться по гладким вертикальным поверхностям, используя присоски. Под каждой присоской площади  $S$  при помощи системы компрессоров, откачивающих из-под присосок воздух, создается давление  $p$ , в то время как атмосферное давление  $p_0 = 100$  кПа.

Какую максимальную массу может иметь такой робот, чтобы не соскальзывать с вертикальной поверхности, если он одновременно использует  $n$  одинаковых присосок (коэффициент трения резины присосок равен  $\mu$ )?

Ускорение свободного падения принять равным  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Ответ дайте в кг, округлив до десятых.

**Решение**

На каждую присоску действует прижимная сила, равная произведению ее площади на разницу внешнего и внутреннего давлений:

$$N = S(p_0 - p).$$

Возникающие в этих присосках силы трения  $F_{\text{тр}} = \mu N$  должны суммарно уравновешивать вес робота:

$$mg = nF_{\text{тр}} = \mu nS(p_0 - p).$$

Таким образом, окончательно

$$m = \frac{\mu nS(p_0 - p)}{g}.$$

Погрешность 0,2 кг.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$S$ , см <sup>2</sup>	10	35	2, 5
$\mu$	0, 12	0, 25	0, 01
$p$ , кПа	10	40	5
$n$	6	12	2

**Ответ:**  $m = \frac{\mu nS(p_0 - p)}{g}$ . С учетом порядков  $m = \frac{\mu nS(p_0 - p)}{g} \cdot [10^{-1}]$ .

**Задача II.2.3.6. (5 баллов)**Темы: физики России.

**Условие**

Один из основателей нелинейной оптики, новой ветви науки, продемонстрировавшей, что достаточно интенсивные лучи света могут взаимодействовать друг с другом и сами с собой, фокусироваться без линзы и неожиданно менять цвет. В его честь на территории Московского университета названа улица, лаборатория, спортивный клуб и несколько учебных аудиторий. Помимо выдающихся научных достижений, он также проявил себя как талантливый организатор, способствовал развитию кооперации исследователей самых разных направлений, включая биологию и экологию, а также был профессиональным альпинистом с двадцатилетним стажем. Трагедия в одном из горных походов, к несчастью, оборвала его выдающуюся жизнь.

1. Сергей Александрович Ахманов.
2. Рем Викторович Хохлов.
3. Анатолий Алексеевич Логунов.
4. Петр Николаевич Лебедев.
5. Абрам Федорович Иоффе.
6. Александр Александрович Фридман.
7. Роберт Эмильевич Ленц.
8. Николай Алексеевич Умов.

Ответ: 2.

**Вторая волна. Задачи 10–11 класса****Задача II.2.4.1. Кабель (12 баллов)**

Темы: закон Ома, сопротивление.

**Условие**

На мобильной исследовательской станции используются стандартные резервные кабели для большинства электроприборов, имеющие площадь поперечного сечения  $s$  и длину  $l$ . В документации кабеля указано, что при подключении к стандартному лабораторному источнику постоянного тока  $I$  падение напряжения на кабеле составляет  $U$ . Определите удельное сопротивление материала кабеля. Ответ дайте в Ом · мм<sup>2</sup>/м, округлив до тысячных.

**Решение**

Сопротивления  $r$  кабеля питания вычисляются по формуле:

$$r = \frac{\rho l}{s}.$$

Согласно закону Ома для участка цепи  $I = U/r$ , оно также может быть выражено в виде:

$$\frac{\rho l}{s} = r = \frac{U}{I}.$$



Отсюда окончательно получим:

$$\rho = \frac{U_s}{Il}.$$

Погрешность  $0,002 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ .

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$l$ , м	5	8	0,5
$s$ , мм <sup>2</sup>	1,6	2	0,1
$I$ , А	1	2	0,1
$U$ , В	0,1	0,2	0,01

Ответ:  $\rho = \frac{U_s}{Il}$ .

### Задача II.2.4.2. Мороз (15 баллов)

Темы: закон Джоуля – Ленца.

#### Условие

На мобильной полярной станции вышла из строя основная система обогрева, и пришлось в срочном порядке подключать давно не использовавшуюся резервную. Резервный нагреватель представляет собой теплопроводящий корпус, защищающий катушку, на которую намотан провод длиной  $L$  и площадью поперечного сечения  $S$ , обеспечивающий эффективную конвекцию. Штатный кабель питания от нагревателя, к сожалению, был утерян, поэтому нагреватель пришлось подключить к сети при помощи стандартного резервного кабеля, имеющего площадь  $s$  и длину  $l$ . Определите отношение  $P_n/P_k$  тепловой мощности, выделяющейся в нагревателе к тепловой мощности, выделяющейся в кабеле питания, если токонесущие жилы кабеля питания и провода нагревателя изготовлены из одного вещества. Дайте ответ с точностью до сотых.

#### Решение

Сопротивления  $R$  нагревателя и  $r$  кабеля питания вычисляются по формулам:

$$R = \rho \frac{L}{S}; \quad r = \rho \frac{l}{s},$$

где  $\rho$  – (одинаковое в обоих случаях) удельное сопротивление. Их отношение равно

$$\frac{R}{r} = \frac{Ls}{lS}.$$

Поскольку кабель и нагреватель включены в цепь последовательно, проходящие через них силы тока равны и тепловую мощность удобно искать по закону Джоуля – Ленца:

$$P_n = I^2 R; \quad P_k = I^2 r.$$

Таким образом, окончательно

$$\frac{P_n}{P_k} = \frac{I^2 R}{I^2 r} = \frac{Ls}{lS}.$$

Погрешность 0,05.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$L$ , м	15	20	1
$l$ , м	5	8	0,5
$S$ , мм <sup>2</sup>	2,5	3,5	0,2
$s$ , мм <sup>2</sup>	1,6	2	0,1

Ответ:  $\frac{P_n}{P_k} = \frac{Ls}{lS}.$

### Задача II.2.4.3. Стопка (20 баллов)

Темы: конденсаторы.

#### Условие

На тонкий полимерный лист с обеих сторон напыляется металлическое покрытие. Измерения показывают, что емкость такого конденсатора равна  $C_0$ . Затем лист разрезают на  $n$  равных частей и складывают их в стопку. Определите емкость  $C$  такой стопки при подключении источника напряжения между самым верхним и самым нижним ее слоями. Ответ дайте в пФ (пикофарадах), округлив до целого.

#### Решение

Емкость плоского конденсатора задается формулой:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

поэтому при разрезании листа на  $n$  частей площадь и, соответственно, емкость  $C_1$  каждой из этих частей, оказывается в  $n$  раз меньше исходной:  $C_1 = C_0/n$ .

В то же время стопка конденсаторов представляет собой цепь из  $n$  одинаковых конденсаторов, соединенных последовательно. Поскольку эффективная емкость  $C$  такой цепи может быть найдена по формуле:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} + \dots + \frac{1}{C_1} = \frac{n}{C_1} = \frac{n^2}{C_0},$$

получим окончательно

$$C = \frac{C_0}{n^2}.$$

Погрешность 2 пФ.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$C$ , нФ	2	6	0,5
$n$	4	10	1

Ответ:  $C = \frac{C_0}{n^2}$ . С учетом порядков  $C = \frac{C_0}{n^2} [\cdot 10^3]$ .

**Задача II.2.4.4. Два колеса (23 баллов)**

Темы: кинематика.

**Условие**

Два колеса двухколесного балансирующего робота, исследующего отдаленный астрономический объект с очень гладкой поверхностью, расположены на разных концах одной оси длиной  $l$ . Проведя сеанс связи с Землей, робот получил указание двигаться прямо и стал вращать колеса с одинаковой угловой скоростью. Однако в ходе посадки робота одно из колес было слегка повреждено, в связи с чем его радиус оказался на  $\Delta r$  меньше, чем радиус  $r$  другого. Найдите  $\Delta r$ , если известно, что вместо прямой робот начал двигаться по окружности радиуса  $R$  (измеренного по центру робота). Колеса робота не проскальзывают по поверхности, кривизна астрономического объекта пренебрежимо мала. Ответ дайте в мм, округлив до десятых.

**Решение**

При равных угловых скоростях  $\omega$  линейные скорости колес имеют величины  $\omega r$  и  $\omega(r - \Delta r)$ . При этом, поскольку робот движется по окружности, то за время, за которое внешнее колесо проходит дугу длиной  $\alpha(R + l/2)$ , внутреннее колесо проходит дугу  $\alpha(R - l/2)$ . Следовательно

$$\frac{\omega(r - \Delta r)}{\omega r} = \frac{R - l/2}{R + l/2}.$$

Преобразуя это выражение, получим окончательно:

$$\Delta r = \frac{2rl}{2R + l}.$$

Погрешность 0,2 мм.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$r$ , см	40	60	4
$l$ , см	80	120	10
$R$ , м	80	120	5

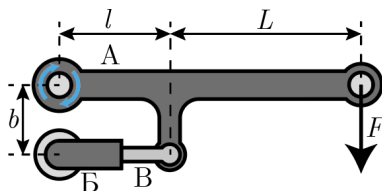
Ответ:  $\Delta r = \frac{2rl}{2R+l}$ . С учетом порядков  $\Delta r = \frac{2rl \cdot [10^4]}{2R \cdot [10^2] + l}$ .

### Задача II.2.4.5. Рычаг (25 баллов)

Темы: статика, давление газа.

#### Условие

Подъемный рычаг А, геометрические параметры  $b, l, L$  которого изображены на рисунке, шарнирно соединен с приводящим его в движение поршнем В, входящим в цилиндр Б, внутри которого содержится идеальный газ. Пренебрегая весом самого рычага, определите избыточное (над атмосферным) давление  $p$  в цилиндре, которое необходимо для удержания нагрузки  $F$ , приложенной к концу рычага, если площадь поршня равна  $S$ . Ответ дайте в МПа, округлив до десятых.



#### Решение

Относительно шарнира рычага сила  $F$  имеет плечо  $L+l$ . Сила давления поршня равна  $pS$  и имеет плечо  $b$ . Тогда условие равновесия имеет вид:

$$bpS = (l + L)F.$$

Отсюда

$$p = \frac{(l + L)F}{bS}.$$

Погрешность 0,2 МПа.

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$l$ , см	15	25	2
$L$ , см	30	50	5
$b$ , см	8	16	1
$S$ , см <sup>2</sup>	16	24	2
$F$ , кН	2	3	0,5

Ответ:  $p = \frac{(l + L)F}{bS}$ . С учетом порядков  $p = \frac{(l + L)F}{bS} [10^4]$ .

### Задача II.2.4.6. (5 баллов)

Темы: физики России.

#### Условие

Один из основателей нелинейной оптики, новой ветви науки, продемонстрировавшей, что достаточно интенсивные лучи света могут взаимодействовать друг с другом и сами с собой, фокусироваться без линзы и неожиданно менять цвет. В его честь на территории Московского университета названа улица, лаборатория, спортивный клуб и несколько учебных аудиторий. Помимо выдающихся научных достижений, он также проявил себя как талантливый организатор, способствовал развитию кооперации исследователей самых разных направлений, включая биологию и экологию, а также был профессиональным альпинистом с двадцатилетним стажем. Трагедия в одном из горных походов, оборвала его выдающуюся жизнь.

1. Сергей Александрович Ахманов.
2. Рем Викторович Хохлов.
3. Анатолий Алексеевич Логунов.
4. Петр Николаевич Лебедев.
5. Александр Александрович Фридман.
6. Николай Алексеевич Умов.
7. Абрам Федорович Иоффе.
8. Роберт Эмильевич Ленц

Ответ: 2.

## Третья волна. Задачи 8–9 класса

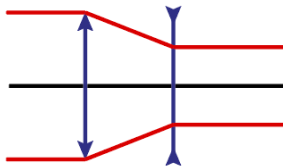
### Задача II.2.5.1. Большой глаз (15 баллов)

Темы: геометрическая оптика.

#### Условие

Первый элемент системы ночного наблюдения имеет своей целью сузить пучок параллельных лучей, собираемых с большой площади, оставив его параллельным и неперевернутым. Он состоит из двух линз: собирающей и рассеивающей с оптическими силами  $D_1$  и  $D_2$  соответственно, установленных друг за другом и имеющих общую оптическую ось. Найдите расстояние между линзами. Ответ дайте в см, округлив до десятых.

Напоминание: оптической силой называется величина, обратная фокусному расстоянию линзы.



### Решение

Изобразим описанную в условиях задачи оптическую схему. Из рисунка несложно видеть, что для описанного хода лучей фокусы двух линз должны совпадать. Но по определению оптической силы, фокусное расстояние линзы равно

$$F = \frac{1}{D}.$$

Подставляя в эту формулу  $D_1, D_2$  и находя разницу между соответствующими расстояниями (верно учитывая знаки), получим:

$$l = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}.$$

Погрешность 0,2 см.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$D_1$ , дптр	3	5	0,2
$D_2$ , дптр	-10	-8	0,2

Ответ:  $l = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}$ . С учетом порядков  $l = \left( \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} \right) [ \cdot 10^2 ]$ .

### Задача II.2.5.2. Атмосфера (15 баллов)

Темы: давление газа, гидростатика.

#### Условие

Оцените массу атмосферы, окружающей планету земного типа радиусом  $R$ , если ускорение свободного падения на ее поверхности равно  $g$ , а атмосферное давление —  $p_0$ . Площадь сферы вычисляется по формуле  $S = 4\pi R^2$ . Ответ дайте в квинтлн (квинтиллионах) ( $10^{18}$ ) кг, округлив до десятых.

**Решение**

Давление — это отношение силы к площади, перпендикулярно которой эта сила действует. В данном случае сила — общий вес атмосферы:

$$p_0 = \frac{mg}{S} = \frac{mg}{4\pi R^2}.$$

Для любой планеты земного типа толщина атмосферы пренебрежимо мала в сравнении с радиусом планеты, поэтому изменением ускорения свободного падения с высотой можно пренебречь. Получим окончательно

$$m = \frac{4\pi R^2 p_0}{g}.$$

Погрешность  $0,1 \cdot 10^{15}$  т.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$p_0$ , кПа	12	24	1
$g$ , м/с <sup>2</sup>	2	3,5	0,1
$R$ , км	3600	4600	100

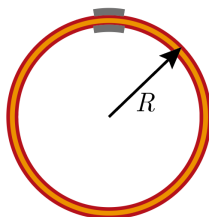
Ответ:  $m = \frac{4\pi R^2 p_0}{g}$ . С учетом порядков  $m = \frac{4\pi R^2 p_0}{g} [ \cdot 10^{-9} ]$ .

**Задача II.2.5.3. Магниты (20 баллов)**

Темы: центростремительное ускорение, динамика.

**Условие**

К тонкому ободу медного колеса радиусом  $R$ , расположенного в горизонтальной плоскости, снаружи и изнутри прикреплены два одинаковых маленьких магнитных датчика массой  $m$  каждый. Датчики держатся только за счет притяжения друг к другу. Колесо начинают постепенно раскручивать вокруг неподвижной оси, и в момент, когда период его вращения достигает величины  $T$ , внешний датчик отлетает от колеса. Определите силу давления внутреннего датчика на обод колеса непосредственно после этого. Ответ дайте в Н, округлив до целого. Длина окружности в  $2\pi$  раз больше ее радиуса.



**Решение**

Внешний датчик отделяется в момент, когда сила  $F$  взаимодействия между магнитами оказывается недостаточна для того, чтобы создавать центростремительное ускорение  $a = v^2/R$ , где скорость  $v$  может быть найдена как отношение длины окружности к периоду обращения ( $v = 2\pi R/T$ ):

$$F = ma = \frac{mv^2}{R} = \frac{4\pi^2}{T^2}mR.$$

Поскольку размеры датчиков и толщина колеса считаются пренебрежимо малыми, внутренний датчик продолжает двигаться с тем же ускорением, а значит, давить на колесо с той же силой  $F$ :

$$F = \frac{4\pi^2}{T^2}mR.$$

Погрешность 1 Н.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$R$ , см	36	45	3
$m$ , г	200	300	20
$T$ , с	0,3	0,5	0,05

**Ответ:**  $F = \frac{4\pi^2}{T^2}mR$ . С учетом порядков  $F = \frac{4\pi^2}{T^2}mR \cdot 10^{-5}$ .

**Задача II.2.5.4. Пот (20 баллов)**

*Темы: тепловые явления, кинематика жидкости.*

**Условие**

Для охлаждения антропоморфного робота разрабатывается система, воспроизводящая потоотделение человека. По тонким капиллярам с площадью поперечного сечения  $S$  на поверхность робота поступает вода, которая затем растекается по «коже» робота и постепенно испаряется. Определите, какой должна быть постоянная скорость  $v$  течения воды в капилляре, если один такой капилляр должен обеспечивать отведение тепловой мощности  $N$ . Считайте, что вся вода успевает испариться. Удельная теплота парообразования воды  $L = 2300$  кДж/кг, ее плотность  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ дайте в мм/с, округлив до целого.

**Решение**

Рассмотрим произвольный промежуток времени  $t$ . Согласно условиям, теплота  $Q$ , которую необходимо отвести от робота за это время, равна  $Q = Nt$ . Она может



быть определена через удельную теплоту парообразования и плотность воды как

$$Nt = Q = mL = \rho VL,$$

где объем испаренной жидкости  $V$  равен произведению расстояния  $d$ , которое прошла вода в капилляре на площадь его поперечного сечения:

$$V = dS = vtS.$$

Сопоставляя эти уравнения, получим

$$Nt = \rho vtSL,$$

откуда окончательно

$$v = \frac{N}{\rho SL}.$$

Погрешность 1 мм/с.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$N$ , Вт	10	20	1
$S$ , мм <sup>2</sup>	0,1	0,2	0,01

Ответ:  $v = \frac{N}{\rho SL}$ . С учетом порядков  $v = \frac{N}{\rho SL} [ \cdot 10^6 ]$ .

### Задача II.2.5.5. Вагончик (25 баллов)

Темы: закон Ома, кинематика.

#### Условие

Автоматизированный вагончик движется по двум длинным рельсам, по одному из которых на него подается, а с другого — снимается электрический ток. Каждый метр одного рельса имеет сопротивление  $r$ , а двигатели вагончика — полное сопротивление  $R$ . Источник питания подает на рельсы напряжение  $U_0$ , а для поддержания нормальной работы двигателей напряжение на них должно быть не ниже  $U$ . За какое время, стартовав от источника и двигаясь с постоянной скоростью  $v$ , вагончик сможет уехать достаточно далеко, чтобы двигатели перестали работать? Ответ дайте в с, округлив до целых.

#### Решение

Общее сопротивление цепи, в которую включены двигатели вагончика, равно

$$R_0 = 2r \frac{L}{l} + R,$$

где  $L$  — расстояние до источника,  $l = 1$  м. Сила тока в цепи  $I = U_0/R_0$ , а напряжение на двигателе  $U_d = IR$  (согласно закону Ома). Подставляя  $U_d = U$ ,  $L = vt$ , получим:

$$U = U_0 \frac{R}{R_0} = U_0 \frac{R}{2rvt/l + R}.$$

Решая это уравнение относительно  $t$ , получим окончательный ответ:

$$t = \frac{R(U_0 - U)}{2rvU} \cdot 1 \text{ м.}$$

Погрешность 1 мин.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$R$ , Ом	400	640	40
$r$ , мОм	400	640	40
$U$ , В	200	220	5
$U_0$ , В	320	360	5
$v$ , м/с	6	8	0,5

**Ответ:**  $t = \frac{R(U_0 - U)}{2rvU} \cdot 1 \text{ м.}$  С учетом порядков  $t = \frac{R(U_0 - U)}{2rvU} \cdot [10^3]$ .

### Задача II.2.5.6. (5 баллов)

Темы: физики России.

#### Условие

Вектор, описывающий плотность потока энергии в волнах, в англоязычной традиции носит фамилию английского физика, который в 1884 году вывел выражения для данного вектора в случае электромагнитных волн. Десятью годами ранее русский физик и философ вывел аналогичные уравнения для упругих волн, а потому в русской традиции вектор носит и его имя. Помимо выдающихся успехов в теории упругости, он сделал множество значимых открытий в оптике, а также выдвинул гипотезы о качественно правильном характере связи между массой и энергией, позже развитые в знаменитую формулу Эйнштейна  $E = mc^2$ . Выберите из приведенного списка выдающихся физиков имя этого русского ученого.

1. Владимир Александрович Фок.
2. Николай Алексеевич Умов.
3. Михаил Васильевич Остроградский.
4. Роберт Эмильевич Ленц.
5. Петр Николаевич Лебедев.
6. Александр Александрович Фридман.
7. Анатолий Алексеевич Логунов.
8. Рем Викторович Хохлов.

**Ответ:** 2.

## Третья волна. Задачи 10–11 класса

### Задача II.2.6.1. Поглотитель (15 баллов)

Темы: тепловые явления, радиоактивность.

#### Условие

Быстро движущиеся нейтроны, образующиеся при делении атомных ядер, взаимодействуя с молекулами воды, теряют энергию до значений, соответствующих энергии теплового движения, которая, как правило, много меньше энергии ядерного распада. Оцените, какое число нейтронов, движущихся со скоростью  $v$ , должно потерять свою энергию в кювете с водой в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами  $a, b, d$ , чтобы вода в этой кювете нагрелась на  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , ее плотность  $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Масса нейтрона  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Ответ дайте в квдрлн (квадриллионах) ( $10^{15}$ ) штук, округлив до целого.

#### Решение

Один нейтрон обладает кинетической энергией  $K = mv^2/2$ . Поскольку эта энергия на несколько порядков величины выше характерной энергии теплового движения, которую можно оценить как  $kT \approx 4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$  для комнатной температуры, можно считать, что вся его энергия передается воде. Для нагрева воды на  $\Delta t$  требуется энергия, равная

$$Q = cm\Delta t = cpabd\Delta t.$$

Приравнявая ее  $nK$ , получим ответ:

$$n = 2 \frac{cpabd\Delta t}{mv^2}.$$

Погрешность 3 квдрлн.

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$v$ , км/с	10 000	20 000	1000
$a$ , см	40	60	5
$b$ , см	10	16	2
$d$ , см	10	16	2

Ответ:  $n = 2 \frac{cpabd\Delta t}{mv^2}$ . С учетом порядков  $n = 2 \frac{cpabd\Delta t}{mv^2} [\cdot 10^{-24}]$ .

### Задача II.2.6.2. Дрейф (18 баллов)

Темы: электрический ток, МКТ.

**Условие**

В некотором полупроводнике концентрация подвижных электронов равна  $n$ . Какой должна быть дрейфовая (средняя) скорость электронов в элементе с площадью поперечного сечения  $S$ , изготовленном из этого полупроводника, чтобы сила электрического тока в данном сечении была равна  $I$ ? Модуль заряда электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Ответ дайте в см/с, округлив до целого.

**Решение**

Рассмотрим произвольный отрезок времени  $t$ . При силе тока  $I$  за это время через сечение проводника должен пройти заряд  $q = It$ . Этот заряд равен произведению числа  $N$  пересекающих сечение электронов на заряд одного из них  $e$ . В то же время при скорости дрейфа  $v$  в среднем за время  $t$  электроны проходят расстояние  $l = vt$ . Это значит, что через сечение проходят электроны, содержащиеся в объеме  $V = lS = vtS$ . Из определения концентрации следует, что их общее число  $N = nV$ . Совмещая все эти выражения, получим

$$It = q = enV = envtS,$$

откуда легко выражается ответ:

$$v = \frac{I}{Sne}.$$

Погрешность 2 см/с.

**Диапазоны**

Величина	min	max	Шаг
$n, 10^{18} \text{ м}^{-3}$	6	9	1
$S, \text{ мм}^2$	2, 4	3	0, 1
$I, \text{ мкА}$	1, 5	2, 5	0, 1

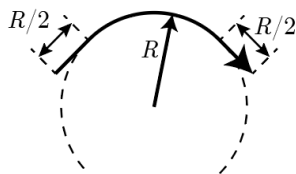
**Ответ:**  $v = \frac{I}{Sne}$ . С учетом порядков  $v = \frac{I}{Sne} [-10^{-16}]$ .

**Задача II.2.6.3. Выраз (20 баллов)**

Темы: кинематика.

**Условие**

Квадрокоптер может двигаться по любой траектории с условием, что его скорость ни в одной точке этой траектории не превышает  $v$ , а его ускорение не превышает  $a$  (при этом направления скорости и ускорения не имеют значения). За какое минимальное время он сможет пройти по траектории, изображенной на рисунке, состоящей из двух прямолинейных участков и четверти окружности радиуса  $R$ , если в начальной и в конечной точках коптер должен иметь строго нулевую скорость? Ответ дайте в с, округлив до десятых.



### Решение

Общая длина траектории  $(4 + \pi/2)R < 6R$ . Однако, даже двигаясь все время с набором скорости на расстоянии  $6R$  с ускорением  $a$ , строго сонаправленным со скоростью, коптер успел бы разогнаться только до

$$v_1 = \sqrt{3aR}.$$

Поскольку эта скорость меньше  $v$ , ограничения на максимальную скорость в задаче на самом деле несущественны. В то же время ограничения на скорость накладывает центростремительное ускорение, с которым коптер проходит изогнутый участок: поскольку оно не должно превышать  $a$ , скорость на повороте не может быть выше  $v_1 = \sqrt{aR}$ . Но из формулы

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2} = al = \frac{aR}{2}$$

можно видеть, что  $v_1$  в точности совпадает со скоростью, которую успевает набрать квадрокоптер на первом прямолинейном и сбросить на втором прямолинейном участках. Таким образом, он должен двигаться равноускоренно на двух участках длиной  $R/2$ , каждый из которых отнимет время

$$t_1 = \frac{v_1}{a} = \sqrt{\frac{R}{a}}$$

и равномерно на повороте, на что уйдет время

$$t_2 = \frac{\pi R}{2v_1} = \frac{\pi R}{2\sqrt{aR}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{R}{a}}$$

В общей сложности, подобный полет займет время  $t_2 + 2t_1$ :

$$t = \sqrt{\frac{R}{a}} \left( 2 + \frac{\pi}{2} \right).$$

Погрешность 0,2 с.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$v$ , м/с	20	40	2
$a$ , м/с <sup>2</sup>	3	4	0,2
$R$ , м	15	20	1

Ответ:  $t = \sqrt{\frac{R}{a}} \left( 2 + \frac{\pi}{2} \right)$ .

### Задача II.2.6.4. Звездная величина (20 баллов)

Темы: фотометрия, геометрическая оптика.

#### Условие

Для получения качественного изображения тусклых звезд важно собрать в телескоп максимально возможную долю испущенного такой звездой излучения, что требует больших размеров основного зеркала или линзы телескопа. Яркость звезды в астрономии принято измерять в единицах видимой звездной величины (ВЗВ), увеличение ВЗВ на 1 означает уменьшение световой энергии, испускаемой звездой, в  $k = \sqrt[5]{100}$  раз. При помощи телескопа-рефрактора с площадью главного зеркала  $s$  получено качественное изображение некоторой звезды. Найдите площадь  $S$  главного зеркала второго телескопа, позволяющего получить в таком же качестве изображение звезды, ВЗВ которой больше на  $n$  единиц. Ответ дайте в  $\text{см}^2$ , округлив до целого.

#### Решение

Полная мощность светового потока, попадающего в объектив телескопа, определяется как произведение площади  $S$  этого объектива на плотность этого потока  $I$ . Увеличение видимой звездной величины на  $n$  единиц означает уменьшение плотности светового потока в  $k^n$  раз. Следовательно, для компенсации этого изменения площадь объектива должна быть в  $k^n$  раз увеличена:

$$\frac{S}{s} = k^n.$$

Отсюда

$$S = sk^n = 100^{n/5}s.$$

Погрешность  $5 \text{ см}^2$ .

#### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$s, \text{ см}^2$	20	50	10
$n$	2	5	1

Ответ:  $S = sk^n = 100^{n/5}s$ .

### Задача II.2.6.5. Большая линза (22 баллов)

Темы: фотометрия, масса и плотность.

#### Условие

Яркость звезды принято измерять в единицах видимой звездной величины (ВЗВ), одна единица которой означает изменение световой энергии, испускаемой звездой,

в  $k = \sqrt[3]{100}$  раз. Определите, какой массы линзу объектива телескопа-рефрактора пришлось бы использовать при сохранении пропорций и материала линзы, чтобы получить изображение некоторой тусклой звезды в таком же качестве, как было получено изображение на  $n$  единиц ВЗВ более яркой звезды при помощи телескопа с объективом, масса которого составляла  $m$ . Ответ дайте в т, округлив до десятых.

### Решение

Как и в предыдущей задаче, площадь объектива должна быть в  $k^n$  раз увеличена. Это требует изменения радиуса объектива в  $\sqrt{k^n} = k^{n/2}$  раз. Но при сохранении пропорций объем любого тела и, следовательно, масса такого объектива должны измениться пропорционально кубу радиуса:

$$M = mk^{3n/2}.$$

Погрешность 0, 1 т.

### Диапазоны

Величина	min	max	Шаг
$m$ , г	100	200	20
$n$	7	9	1

Ответ:  $vM = k^{3n/2}m = 100^{0,3n}m$ . С учетом порядков  $M = 100^{0,3n}m \cdot 10^{-6}$ .

### Задача II.2.6.6. (5 баллов)

Темы: физики России.

#### Условие

Вектор, описывающий плотность потока энергии в волнах, в англоязычной традиции носит фамилию английского физика, который в 1884 году вывел выражения для данного вектора в случае электромагнитных волн. Десятью годами ранее русский физик и философ вывел аналогичные уравнения для упругих волн, а потому в русской традиции вектор носит и его имя. Помимо выдающихся успехов в теории упругости, он сделал множество значимых открытий в оптике, а также выдвинул гипотезы о качественно правильном характере связи между массой и энергией, позже развитые в знаменитую формулу Эйнштейна  $E = mc^2$ . Выберите из приведенного списка выдающихся физиков имя этого русского ученого.

1. Владимир Александрович Фок.
2. Александр Александрович Фридман.
3. Рем Викторович Хохлов.
4. Николай Алексеевич Умов.
5. Михаил Васильевич Остроградский.
6. Роберт Эмильевич Ленц.

7. Петр Николаевич Лебедев.
8. Анатолий Алексеевич Логунов.

**Ответ:** 4.



# Инженерный тур

1. В процессе выполнения заданий второго этапа участники отрабатывают навыки программирования на языке Python, работы с микроконтроллерами, знакомятся с основными понятиями цифровой обработки сигналов.
2. Для решения задач блока «Программирование на Python» необходимы навыки программирования на языке Python. Для решения задач блока «Электроника и Цифровая обработка сигнала» необходимы навыки в схемотехнике и ЦОС. Для решения задач блока «Программирование микроконтроллеров» необходимы навыки работы с микроконтроллерами и их программировании.

## Задачи по компетенциям «Программирование на Python»

### *Задача П.3.1.1. Футбольный турнир (30 баллов)*

*Темы: программирование, комбинаторика.*

#### **Условие**

Вы организуете футбольный турнир. Турнир проводится в формате (all-play-all), то есть каждая команда должна сыграть с каждой ровно один раз.

Например, если в турнире четыре команды (обозначим их  $A, B, C, D$ ), то схема игры будет выглядеть следующим образом:

1 тур:  $AB, CD$ ;

2 тур:  $AC, BD$ ;

3 тур:  $AD, BC$ .

Таким образом, турнир будет состоять из трех туров.

Необходимо реализовать функцию, которая получает количество команд (всегда положительное и четное число) и возвращает расписание игр на каждый тур в виде матрицы.

Каждая строка матрицы представляет собой один раунд. Каждый столбец матрицы представляет собой пару играющих команд. Матч представлен в виде массива с двумя командами. Названия команд задаются числами от 1 до  $n$ , где  $n$  — количество команд.

#### **Формат входных данных**

На вход подается числовое значение количества команд.

## Формат выходных данных

На выходе необходимо получить список, представляющий собой турнирную сетку.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
1
Стандартный вывод
[[1, 2]]

## Тесты

[https://disk.yandex.ru/d/\\_5TuWrvwYBYb\\_Q](https://disk.yandex.ru/d/_5TuWrvwYBYb_Q).

## Решение

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 def confirmData(r,A, n):
2     if r%2==1:
3         l = []
4         for i in range(int(n / 2)):
5             l.append(tuple([A[i], A[n-1-i]]))
6         return l
7     else:
8         l = []
9         l.append(tuple([A[n - 1], A[0]]))
10        for i in range(1,int(n / 2)):
11            l.append(tuple([A[i], A[n-1-i]]))
12        return l
13
14 def build_matches_table(teams: int) -> list[list[(int, int)]]:
15     if teams%2==1:
16         teams+=1
17     half=int(teams/2)
18     A=[x for x in range(1,teams+1)]
19     result = []
20     for gyros in range(1,teams):
21         K=A[teams-1]
22         del A[teams-1]
23         A.extend(x for x in A[0:half])
24         A[0:half-1]=A[half:teams-1]
25         del A[half-1:teams-1]
26         A.append(K)
27         result.append(confirmData(gyros,A, teams))
28     return result

```

## Задача II.3.1.2. Автомат для ТСП (30 баллов)

Темы: программирование, сетевые технологии, конечные автоматы.

## Условие

Конечные автоматы (FSM) чрезвычайно полезны для программистов, когда дело доходит до разработки программного обеспечения. Вам будет предоставлена упрощенная версия FSM для кодирования базового сеанса TCP.

Результатом этого упражнения будет возврат правильного состояния TCP FSM на основе заданного массива событий. Вашей задачей будет найти правильное состояние TCP FSM на основе заданного массива событий.

Входной массив данных может содержать следующие значения:

APP\_PASSIVE\_OPEN, APP\_ACTIVE\_OPEN, APP\_SEND, APP\_CLOSE, APP\_TIMEOUT, RCV\_SYN, RCV\_ACK, RCV\_SYN\_ACK, RCV\_FIN, RCV\_FIN\_ACK.

Входными данными будет являться массив событий. Ваша задача состоит в том, чтобы пройти по машине состояний, как определено событиями, и вернуть правильное состояние в виде строки. В ответе все буквы должны быть заглавными, как указано в приведенном списке.

Если событие неприменимо к текущему состоянию, ваш код вернет «ERROR»

Действия каждого события на каждое состояние приведены в таблице.

CLOSED: APP_PASSIVE_OPEN	LISTEN
CLOSED: APP_ACTIVE_OPEN	SYN_SENT
LISTEN: RCV_SYN	SYN_RCVD
LISTEN: APP_SEND	SYN_SENT
LISTEN: APP_CLOSE	CLOSED
SYN_RCVD: APP_CLOSE	FIN_WAIT_1
SYN_RCVD: RCV_ACK	ESTABLISHED
SYN_SENT: RCV_SYN	SYN_RCVD
SYN_SENT: RCV_SYN_ACK	ESTABLISHED
SYN_SENT: APP_CLOSE	CLOSED
ESTABLISHED: APP_CLOSE	FIN_WAIT_1
ESTABLISHED: RCV_FIN	CLOSE_WAIT
FIN_WAIT_1: RCV_FIN	CLOSING
FIN_WAIT_1: RCV_FIN_ACK	TIME_WAIT
FIN_WAIT_1: RCV_ACK	FIN_WAIT_2
CLOSING: RCV_ACK	TIME_WAIT
FIN_WAIT_2: RCV_FIN	TIME_WAIT
TIME_WAIT: APP_TIMEOUT	CLOSED
CLOSE_WAIT: APP_CLOSE	LAST_ACK
LAST_ACK: RCV_ACK	CLOSED

### Формат входных данных

На вход подается массив событий.

### Формат выходных данных

На выходе необходимо получить строку с необходимым состоянием.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
["APP_ACTIVE_OPEN", "RCV_SYN_ACK", "RCV_FIN"]
Стандартный вывод
"CLOSE_WAIT"

## Тесты

[https://disk.yandex.ru/d/\\_5TuWrvwYBYb\\_Q](https://disk.yandex.ru/d/_5TuWrvwYBYb_Q)

## Решение

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 STATES = {"CLOSED": {"APP_PASSIVE_OPEN": "LISTEN", "APP_ACTIVE_OPEN":
  ↪ "SYN_SENT"},
2     "LISTEN": {"RCV_SYN": "SYN_RCVD", "APP_SEND": "SYN_SENT",
  ↪ "APP_CLOSE": "CLOSED"},
3     "SYN_RCVD": {"APP_CLOSE": "FIN_WAIT_1", "RCV_ACK": "ESTABLISHED"},
4     "SYN_SENT": {"RCV_SYN": "SYN_RCVD", "RCV_SYN_ACK": "ESTABLISHED",
  ↪ "APP_CLOSE": "CLOSED"},
5     "ESTABLISHED": {"APP_CLOSE": "FIN_WAIT_1", "RCV_FIN": "CLOSE_WAIT"},
6     "FIN_WAIT_1": {"RCV_FIN": "CLOSING", "RCV_FIN_ACK": "TIME_WAIT",
  ↪ "RCV_ACK": "FIN_WAIT_2"},
7     "CLOSING": {"RCV_ACK": "TIME_WAIT"},
8     "FIN_WAIT_2": {"RCV_FIN": "TIME_WAIT"},
9     "TIME_WAIT": {"APP_TIMEOUT": "CLOSED"},
10    "CLOSE_WAIT": {"APP_CLOSE": "LAST_ACK"},
11    "LAST_ACK": {"RCV_ACK": "CLOSED"},
12    }
13 def traverse_TCP_states(events):
14     state = "CLOSED"
15     try:
16         for e in events:
17             state = STATES[state][e]
18         return state
19     except KeyError:
20         return "ERROR"

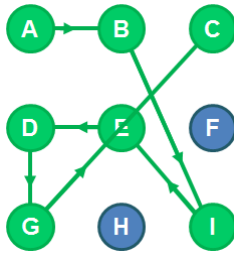
```

## Задача II.3.1.3. Графический пароль (40 баллов)

Темы: программирование, комбинаторика.

### Условие

Во многих смартфонах для задания пароля для телефона используется графический ключ. Чтобы разблокировать устройство, вам нужно соединить последовательность точек в сетке, проводя пальцем, не поднимая его, по мере того, как вы проводите рисунком по экрану.



На изображении выше приведен пример рисунка из семи точек:  $(A \rightarrow B \rightarrow I \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow C)$ .

Ваша задача состоит в том, чтобы реализовать функцию, возвращающую количество возможных шаблонов, начиная с заданной первой точки, которые имеют заданную длину.

Результат зависит от двух входных параметров: начальная точка и количество символов в пароле. Например, для параметров  $(C, 2)$  результатом будет пять возможных вариантов пароля  $(CB, CE, CF, CH, CD)$ .

Правила:

1. В шаблоне точки не могут повторяться: их можно использовать не более одного раза.
2. В рисунке любые две последующие точки могут быть соединены только прямыми линиями любым из этих способов:
  - по горизонтали: как  $(A \rightarrow B)$  на примере изображения шаблона;
  - по вертикали: как  $(D \rightarrow G)$  на примере изображения шаблона;
  - по диагонали: как  $(I \rightarrow E)$ , а также  $(B \rightarrow I)$  на примере изображения шаблона.
3. Прохождение по точке между ними, которая уже была «использована»: например,  $(G \rightarrow C)$  прохождение по E в примере изображения шаблона. Это самое сложное правило. Обычно вы не смогли бы подключить G к C, потому что E находится между ними, однако, когда E уже использовалось как часть шаблона, который вы отслеживаете, вы можете подключить G к C, передавая E, потому что E игнорируется, поскольку он уже был использован один раз.

### *Формат входных данных*

На вход подается начальная точка и количество символов.

### *Формат выходных данных*

На выходе необходимо получить количество возможных шаблонов.

## Примеры

### Пример №1

Стандартный ввод
'A', 10
Стандартный вывод
0

## Тесты

[https://disk.yandex.ru/d/\\_5TuWrvwYBYb\\_Q](https://disk.yandex.ru/d/_5TuWrvwYBYb_Q).

## Решение

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 dict={'A': ['B', 'CB', 'D', 'E', 'F', 'GD', 'H', 'IE'],
2       'B': ['A', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'HE', 'I'],
3       'C': ['AB', 'GE', 'D', 'E', 'F', 'B', 'H', 'IF'],
4       'D': ['A', 'B', 'C', 'E', 'FE', 'G', 'H', 'I'],
5       'E': ['A', 'B', 'C', 'D', 'F', 'G', 'H', 'I'],
6       'F': ['A', 'B', 'C', 'DE', 'E', 'G', 'H', 'I'],
7       'G': ['AD', 'B', 'CE', 'D', 'E', 'F', 'H', 'IH'],
8       'H': ['A', 'BE', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'I'],
9       'I': ['AE', 'B', 'F', 'D', 'E', 'CF', 'GH', 'H']}
10 def count_patterns_from(firstPoint, length):
11     if length<=1 or length>9:
12         return 1 if length==1 else 0
13     return helper(firstPoint, length, {firstPoint}, {"":0}, 1, [firstPoint])
14 def helper(cur, target, went, res, n, order):
15     if n>=target:
16         if n==target==len(order):
17             res[""]+=1
18         return
19     length=len(went)
20     for i in dict[cur]:
21         comp=went|{i[0]} if len(i)==1 else went|{i[0], i[1]}
22         diff=len(comp)-length
23         if (diff==1 and i[0] not in went) or diff==2:
24             helper(i[0], target, comp, res, n+diff, order+[i[0]])
25     return res[""]

```

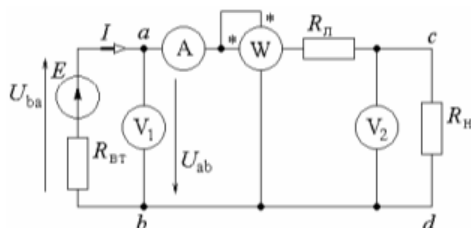
## Задачи по компетенциям «Электроника и Цифровая обработка сигнала»

### Задача II.3.2.1. Расчет показаний приборов измерения по схеме (10 баллов)

Темы: электротехника, теория электрических цепей.

**Условие**

Для цепи на рисунке ниже заданы:  $E = 100$  В;  $R_{вт} = 1$  Ом;  $R_{л} = 3$  Ом;  $R_{н} = 6$  Ом.  
 Определить показания приборов.

**Критерии оценивания**

1. Правильно определены показания четырех приборов — 4 балла.
2. Правильно определены показания трех приборов — 3 балла.
3. Правильно определены показания двух приборов — 2 балла.
4. Правильно определены показания одного прибора — 1 балл.
5. Показания приборов не определены или определены неправильно — 0 баллов.

**Решение**

Ток в цепи (показания амперметра) определен из уравнения, полученного из обобщенного закона Ома при условии, что  $U_{12} = 0$ , т. е. для замкнутой электрической цепи:

$$I = \frac{E}{R_{вт} + R_{л} + R_{н}} = \frac{100}{1 + 3 + 6} = 10 \text{ А.}$$

Применяя закон Ома для пассивного участка цепи, находим показания второго вольтметра:

$$U_{cd} = I \cdot R = 10 \cdot 6 = 60 \text{ В.}$$

По закону Ома для активного участка цепи:

$$I = \frac{E - U_{аб}}{R_{вт}}.$$

Найдем показания первого вольтметра:

$$U_{аб} = E - I \cdot R_{вт} = 100 - 10 \cdot 1 = 90 \text{ В.}$$

Ваттметр показывает мощность тока участка цепи, к которому он подключен:

$$P = U_{аб} I = 90 \cdot 10 = 900 \text{ В.}$$

Где  $P$  — мощность, отдаваемая источником во внешнюю цепь и равная сумме мощности потерь в линии (сопротивление  $R_{л}$ ) и мощности приемника (сопротивление  $R_{н}$ ).

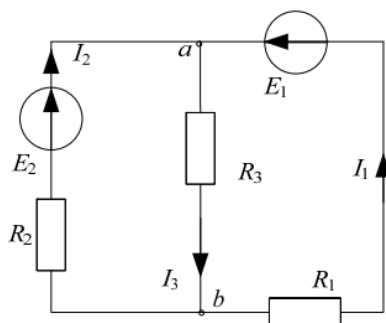
**Ответ:**  $V_1 = 90$  В,  $V_2 = 60$  В,  $W = 900$  Вт,  $A = 10$  А.

### Задача II.3.2.2. Определение тока в ветви (10 баллов)

Темы: электротехника, теория электрических цепей.

#### Условие

В схеме на рисунке ниже известны следующие параметры:  $E_1 = 10$  В,  $E_2 = 5$  В,  $R_1 = 2,4$  Ом,  $R_2 = 1,4$  Ом,  $R_3 = 0,8$  Ом.



Найдите ток в ветви без ЭДС методом эквивалентного генератора.

#### Критерии оценивания

1. Правильно определен ток в ветви без ЭДС — 4 баллов.
2. Ток в ветви без ЭДС не определен или определен некорректно — 0 баллов.

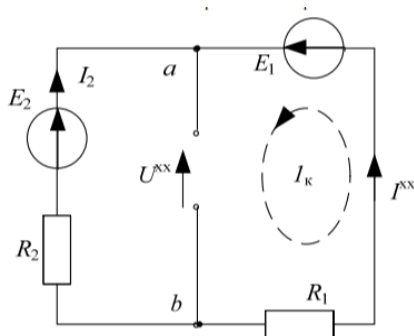
#### Решение

Ток в ветви без ЭДС — это ветвь с сопротивлением  $R_3$ . Уберем это сопротивление из ветви и относительно получившихся зажимов найдем напряжение холостого хода  $U^{XX}$ .

Для определения  $U^{XX}$  обойдем первый контур по второму закону Кирхгофа:

$$U^{XX} = E_1 - I^{XX} \cdot R_1.$$





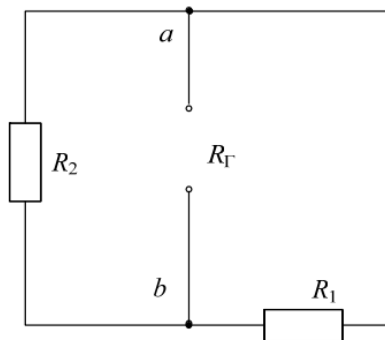
Ток  $I^{XX}$  определим из закона Ома:

$$I^{XX} = \frac{E_1 - E_2}{R_1 - R_2} = \frac{10 - 5}{2,4 + 1,4} = 1,315 \text{ A.}$$

Подставим найденное значение тока  $I^{XX}$  и получим:

$$U^{XX} = 10 - 1,315 \cdot 2,4 = 6,842 \text{ В.}$$

Определим сопротивление генератора  $R_{\Gamma}$ .



Здесь сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно, тогда:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2,4 \cdot 1,4}{2,4 + 1,4} = 0,884 \text{ Ом.}$$

Искомый ток будет равен:

$$I_3 = \frac{U^{XX}}{R_{\Gamma} + R_3} = \frac{6,842}{0,884 + 0,8} = 4,0629 \text{ A.}$$

**Ответ:**  $I_3 = 4,0629 \text{ A.}$

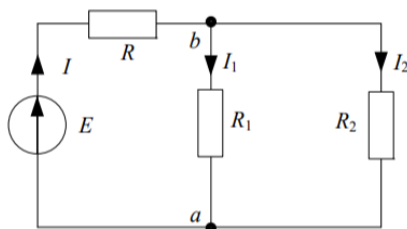
### Задача П.3.2.3. Расчет электрической схемы (6 баллов)

Темы: электротехника, теория электрических цепей.

#### Условие

На рисунке ниже представлена схема со следующими параметрами:  $P_2 = 72$  Вт,  $R = 1,4$  Ом,  $R_1 = 8$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом.

Определите  $E$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ .



#### Критерии оценивания

1. Правильно рассчитаны три величины — 2 балла.
2. Правильно рассчитаны две величины — 1 балл.
3. Правильно рассчитана одна величина или величины не рассчитаны — 0 баллов.

#### Решение

Найдем  $I_2, I_1$  из формулы  $P_2 = I_2^2 \cdot R_2$ :

$$I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{72}{2}} = 6 \text{ А.}$$

Напряжение на  $R_1$  и  $R_2$  равны, следовательно  $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$ .

Тогда

$$I_1 = \frac{I_2 \cdot R_2}{R_1} = \frac{6 \cdot 2}{8} = 1,5 \text{ А.}$$

Определим входной ток по первому закону Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2 = 1,5 + 6 = 7,5 \text{ А.}$$

ЭДС найдем из формулы:

$$E = I \cdot R_{\text{экв}}, \text{ где } R_{\text{экв}} = R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 1,4 + 1,6 = 3 \text{ Ом.}$$

Тогда  $E = 7,5 \cdot 3 = 22,5$  В.

**Ответ:**  $E = 22,5$  В,  $I_1 = 1,5$  А,  $I_2 = 6$  А.

### Задача П.3.2.4. Расчет тока в схеме с параллельным подключением (10 баллов)

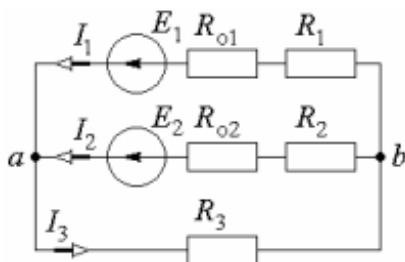
Темы: электротехника, теория электрических цепей.

#### Условие

Для электрической цепи постоянного тока определить токи  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  в ветвях.

Электродвижущая сила:  $E_1 = 1,8$  В,  $E_2 = 1,2$  В.

Сопротивление резисторов:  $R_1 = 0,2$  Ом,  $R_2 = 0,3$  Ом,  $R_3 = 0,8$  Ом,  $R_{01} = 0,6$  Ом,  $R_{02} = 0,4$  Ом.



#### Критерии оценивания

1. Правильно рассчитаны три величины — 4 балла.
2. Правильно рассчитаны две величины — 3 балла.
3. Правильно рассчитана одна величина — 2 балла.
4. Величины не рассчитаны или рассчитаны неправильно — 0 баллов.

#### Решение

Для узла разветвления в соответствии с принятым на схеме условным положительным направлением составляют уравнение для токов по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 = I_3.$$

Для внешнего замкнутого контура составляют уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$E_1 = I_1 R_{01} + I_1 R_1 + I_3 R_3 = I_1 (R_{01} + R_1) + I_3 R_3.$$

Или

$$1,8 = (0,6 + 0,2)I_1 + 0,8I_3.$$

Аналогично для нижнего замкнутого контура по второму закону Кирхгофа:

$$E_2 = I_2 (R_{02} + R_2) + I_3 R_3.$$

Или

$$1,2 = 0,7I_2 + 0,8I_3.$$

В результате совместного решения полученной системы трех уравнений:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0, 8I_1 + 0,8I_3 = 1,8 \cdot 0,7I_2 + 0,8I_3 = 1,2.$$

Определяют ток  $I_1$  в первой ветви:

$$I_1 = \frac{1,2 - 1,5I_2}{0,8}.$$

Ток  $I_2$  во второй ветви находят по значению тока  $I_1$  из уравнений для ЭДС  $E_1$  и  $E_2$ :

$$1,8 = 1,6 \frac{1,2 - 1,5I_2}{0,8} + 0,8I_2.$$

Откуда

$$I_2 = 0,272 \text{ A}.$$

Величину тока  $I_1$  первой ветви определяют по величине тока  $I_2$  из уравнения для эдс  $E_1$ :

$$1,8 = 1,6I_1 + 0,8 \cdot 0,27.$$

Откуда  $I_1 = 0,99 \text{ A}$ .

Тогда из уравнений выше следует, что ток  $I_3 = I_1 + I_2 = 1,26 \text{ A}$ .

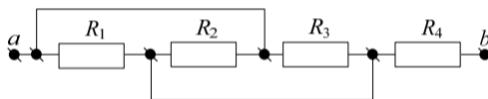
**Ответ:**  $I_1 = 0,99 \text{ A}$ ,  $I_2 = 0,27$ ,  $I_3 = 1,26 \text{ A}$ .

### Задача II.3.2.5. Расчет сопротивления цепи (5 баллов)

Темы: электротехника, теория электрических цепей.

**Условие**

В схеме ниже определить эквивалентное сопротивление, если  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 1,2 \text{ Ом}$ .



**Критерии оценивания**

1. Правильно определена величина — 2 балла.
2. Величина не определена или определена неправильно — 0 баллов.

**Решение**

Сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  соединены параллельно.

После преобразования:

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{5}{4} \text{ Ом}$$

или

$$R'_{123} = \frac{1}{R_{123}} = \frac{4}{5} \text{ Ом.}$$

Затем соединим сопротивления  $R'_{123}$  и  $R_4$  последовательно:

$$R_{ab} = R'_{123} + R_4 = 0,8 + 1,2 = 2 \text{ Ом.}$$

**Ответ:**  $R_{ab} = 2 \text{ Ом.}$

**Задача II.3.2.6. Расчет последовательного и параллельного подключения сопротивлений электрических цепей (5 баллов)**

*Темы: электротехника, теория электрических цепей.*

**Условие**

Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно и их эквивалентное сопротивление равно 9 Ом. При параллельном соединении тех же резисторов их эквивалентное сопротивление равно 2 Ом.

Найдите сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .

**Критерии оценивания**

1. Правильно рассчитаны две величины — 2 балла.
2. Правильно рассчитана одна величина — 1 балл.
3. Величины не рассчитаны или рассчитаны неправильно — 0 баллов.

**Решение**

Исходя из условия задачи, формируется система из двух уравнений

$$R_1 + R_2 = 9 \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 2.$$

Решая данную систему уравнений итоговый ответ будет  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ .

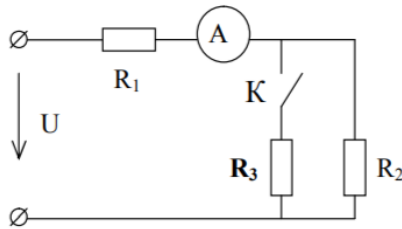
**Ответ:**  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ .

### Задача II.3.2.7. Расчет параметров электрической цепи с ключом (5 баллов)

Темы: электротехника, теория электрических цепей.

#### Условие

Как изменятся показания амперметра на рисунке ниже после замыкания ключа  $K$ , если  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ?



#### Критерии оценивания

1. Правильно рассчитана величина — 2 балла.
2. Величина не рассчитана или рассчитана неправильно — 0 баллов.

#### Решение

При открытом ключе сила тока равна:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}.$$

При параллельном подключении сила тока равна:

$$I = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}}.$$

При делении двух формул и замене  $R_1 = R_2 = R_3 = R$  получится:  $\frac{4}{3} \approx 1,33$ .

**Ответ:** увеличится в 1,33 раза.

### Задача II.3.2.8. Дискретизация сигнала (8 баллов)

Темы: цифровая обработка сигналов.

#### Условие

Сигнал  $x_c(t) = \sin(2\pi 100t)$  дискретизируется с шагом  $T = \frac{1}{400}$  с.

Что представляет собой дискретизированный сигнал  $x[n]$ ?

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 3 балла.
2. Задание решено со второй попытки — 2 балла.
3. Задание решено с третьей и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Воспользуемся понятием нормированной круговой частоты.

Тогда дискретизированный сигнал можно описать выражением:  $x(n) = \sin(\mu n)$ .

Поскольку

$$\mu = \frac{2\pi f}{f_d} = 2\pi f E = 2\pi f 100 \frac{1}{400} = \frac{\pi}{2},$$

окончательно запишем:  $x(n) = \sin(\frac{\pi n}{2})$ .

**Ответ:**  $x(n) = \sin(\frac{\pi n}{2})$ .

**Задача П.3.2.9. Определение параметров частоты дискретизации сигнала (8 баллов)**

*Темы: цифровая обработка сигналов.*

**Условие**

Последовательность  $x(n) = \cos(\frac{\pi n}{4})$ ,  $(-\infty \leq n \leq \infty)$  получена в результате дискретизации непрерывного сигнала  $x_c(t) = \cos(\Omega_0 t)$ ,  $(-\infty < t < \infty)$  с частотой 1 кГц.

Необходимо найти значения частоты  $\Omega_0$ , при которых такое возможно.

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 3 балла.
2. Задание решено со второй попытки — 2 балла.
3. Задание решено с третьей и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Вновь воспользуемся понятием нормированной круговой частоты, что приводит к соотношению

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\pi}{4} = \Omega T = \frac{\Omega}{1000}, \\ \mu &= \frac{2\pi f}{f_d} = \frac{\Omega}{f_d}. \end{aligned}$$

Откуда

$$\Omega = 250\pi \left( f = \frac{250\pi}{2\pi} = 125 \text{ Гц} \right).$$

Ответ:  $\Omega = 250\pi$ .

### Задача II.3.2.10. Дискретизация сигнала (8 баллов)

Темы: цифровая обработка сигналов.

#### Условие

Непрерывный сигнал  $x_c(t) = \cos(4000\pi t)$  дискретизируется с шагом  $T$ , в результате чего получается последовательность  $x(n) = \cos(\frac{\pi n}{3})$ .

Необходимо определить значение  $T$ , согласно с условием задачи.

#### Критерии оценивания

1. Задание решено с первой попытки — 3 балла.
2. Задание решено со второй попытки — 2 балла.
3. Задание решено с третьей и более попыток — 1 балл.

#### Решение

Находим два значения периода дискретизации  $T$ :

$$\mu = \frac{\pi}{3} = \mu T = 4000\pi T$$

$$T = \frac{1}{1200}, f_a = 12\text{кГц.}$$

Ответ:  $T = \frac{1}{1200}$ .

### Задача II.3.2.11. Расчет параметров сигнала (5 баллов)

Темы: цифровая обработка сигналов.

#### Условие

Определить период данного сигнала:  $x(t) = 2 \sin(2\pi 3t) + 3 \sin(2\pi 5t) + 6 \sin(2\pi 8t)$ .

#### Критерии оценивания

1. Задание решено с первой попытки — 2 балла.
2. Задание решено с второй и более попыток — 1 балл.



**Решение**

Находим наименьший общий делитель (НОД) частот сигнала — это 3, 5 и 8. Наименьший общий делитель равен 1.

$$\text{Период данного сигнала равен } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1} = 1 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $T = 1$  с.

**Задача II.3.2.12. Расчет частоты дискретизации сигнала (5 баллов)**

*Темы:* цифровая обработка сигналов.

**Условие**

Максимальная частота дискретизации непрерывного сигнала равна 5000 Гц. Определить минимальную частоту дискретизации этого сигнала.

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 3 балла.
2. Задание решено со второй попытки — 2 балла.
3. Задание решено с третьей и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Согласно теореме Котельникова  $F_{\max} = 2f_{\min} = 2 \cdot 5000 = 10000 = 10$  кГц.

**Ответ:**  $F_{\min} = 10$  кГц.

**Задача II.3.2.13. Расчет параметров сигнала (5 баллов)**

*Темы:* цифровая обработка сигналов.

**Условие**

Найдите период сигнала  $x(t) = \cos(6t) + \sin(8t)$ .

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 2 балла.
2. Задание решено с второй и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Согласно теореме Котельникова  $F_{\max} = 2f_{\min} = 2 \cdot 5000 = 10000 = 10 \text{ кГц}$ .

Ответ:  $T = \pi$ .

**Задача II.3.2.14. Расчет максимальной частоты дискретизации сигнала (5 баллов)**

Темы: цифровая обработка сигналов.

**Условие**

Минимальная частота дискретизации непрерывного сигнала равна 14 кГц.

Определить максимальную частоту дискретизации этого сигнала.

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 2 балла.
2. Задание решено с второй и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Согласно теореме Котельникова,  $F_{\min} = 0,5 \cdot f_{\max} = 0,5 \cdot 14000 = 7000 \text{ Гц} = 7 \text{ кГц}$ .

Ответ:  $F_{\min} = 7 \text{ кГц}$ .

**Задача II.3.2.15. Определение параметров дискретизации сигнала (5 баллов)**

Темы: цифровая обработка сигналов.

**Условие**

Сигнал  $x_c(t) = \sin(6\pi 300t)$  дискретизируется с шагом  $T = \frac{1}{800} \text{ с}$ .

Что представляет собой дискретизированный сигнал  $x[n]$ ?

**Критерии оценивания**

1. Задание решено с первой попытки — 2 балла.
2. Задание решено с второй и более попыток — 1 балл.

**Решение**

Воспользуемся понятием нормированной круговой частоты.

Тогда дискретизированный сигнал можно описать выражением  $x(n) = \sin(\mu n)$ .

Поскольку

$$\mu = \frac{2\pi f}{f_d} = 2\pi f E = 2\pi f 300 \frac{1}{800} = \frac{3\pi}{4},$$

окончательно запишем:

$$x(n) = \sin\left(\frac{3\pi n}{4}\right).$$

**Ответ:**  $x(n) = \sin\left(\frac{3\pi n}{4}\right)$ .

## Задачи по компетенциям «Визуализация»

### Задача II.3.3.1. 8 Вопросов по материалу (40 баллов)

Темы: цифровая обработка сигналов.

#### Условие

1. Какой язык программирования используется в TinkerCAD для программирования Arduino?

- A. Python.
- B. Java.
- C. C++.
- D. C#.

**Ответ:** C.

2. К какой ножке подключен встроенный в плату Arduino Uno светодиод?

- A. 1.
- B. 10.
- C. 7.
- D. 13.

**Ответ:** D.

3. Функция `pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT)`...

- A. записывает в пин 13 (обозначена как LED\_BUILTIN), высокий сигнал;
- B. определяет режим работы ножки 13 на выход (обозначена как LED\_BUILTIN);
- C. записывает в пин 13 (обозначена как LED\_BUILTIN), низкий сигнал;
- D. включает светодиод.

**Ответ:** B.

4. Функция `digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW)`...

- A. записывает в пин 13, высокий сигнал;
- B. определяет режим работы ножки 13 на выход;
- C. записывает в пин 13, низкий сигнал;
- D. определяет режим работы ножки 13 на вход.

**Ответ:** C.

5. Функция `delay(1000)`...
- A. 1000 раз мигает лампочкой;
  - B. задержка 1000 с;
  - C. устанавливает яркость светодиода 1000;
  - D. задержка 1 с.

**Ответ:** D.

6. На какое излучение реагирует пирозлектрический ИК-датчик движения?
- A. Тепловое.
  - B. Видимый свет.
  - C. Радиоизлучения.
  - D. Ультрафиолетовые лучи.

**Ответ:** A.

7. Реле используется для:
- A. обнаружения движения;
  - B. как источник питания;
  - C. замыкает и размыкает цепь лампы накаливания;
  - D. как лампа накаливания.

**Ответ:** C.

8. В устройство реле входит:
- A. электромагнит;
  - B. микроконтроллер;
  - C. мотор постоянного тока;
  - D. источник питания.

**Ответ:** A.

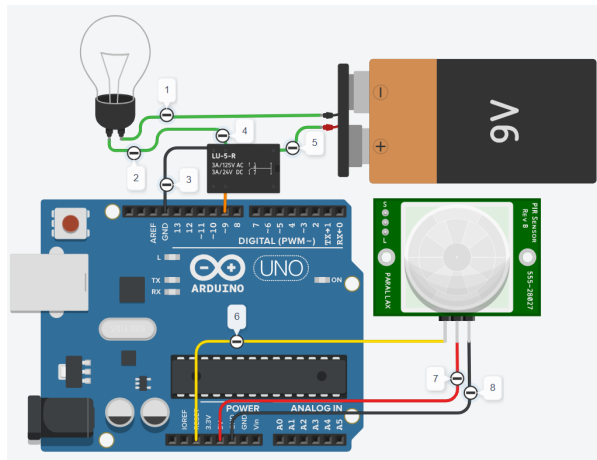
### **Задача II.3.3.2. Ошибки в схеме макета готового устройства (30 баллов)**

*Темы: Arduino, TinkerCAD, электронные модули.*

#### **Условие**

В системе моделирования Tinkercad дана монтажная схема макета устройства управления лампой накаливания в зависимости от показаний датчика движения.

Найдите ошибки в монтажной схеме, критически влияющие на работоспособность устройства. Укажите через запятую в порядке возрастания номера трех проводников, которые подключены неправильно.



Ответ: 3, 4, 6.

### Задача II.3.3.3. Ошибки в коде макета готового устройства (30 баллов)

Темы: ардуино, TinkerCAD, электронные модули.

#### Условие

В системе моделирования Tinkercad дан код макета устройства управления лампой накаливания в зависимости от показаний датчика движения. Программный код циклично реализует следующий алгоритм: «Если обнаружено движение (высокий сигнал на пине 7), включить лампу накаливания (записать в пин 9 высокий сигнал), иначе выключить лампу накаливания (записать в пин 9 низкий сигнал)».

Найдите ошибки в коде схемы, критически влияющие на работоспособность устройства. Укажите через запятую в порядке возрастания номера трех строк, в которых допущена ошибка.

```

1  int RALAY = 9;
2  int PIR_SENSOR = 7;
3
4  void setup ()
5  {
6      pinMode(RELAY, INPUT);
7      pinMode(PIR_SENSOR, INPUT);
8  }
9
10 void loop()
11 {
12     if (digitalRead(PIR_SENSOR) == LOW) {
13         digitalWrite(RELAY, HIGH);

```

```
14     } else {  
15         digitalWrite(PIR_SENSOR, LOW);  
16     }  
17 }
```

**Ответ:** 6, 12, 15.

# Работа наставника НТО на втором отборочном этапе

На втором отборочном этапе участникам предлагаются индивидуальные и командные задачи в рамках выбранных профилей. Для подготовки к нему наставник может использовать следующие рекомендуемые форматы и мероприятия:

- Подготовка по образовательным программам НТО по ряду технологических направлений.
- Разбор задач второго отборочного этапа НТО прошлых лет.
- Прохождение онлайн-курсов по разбору задач НТО прошлых лет.
- Прохождение онлайн-курсов, рекомендованных разработчиками профилей.
- Разбор материалов для подготовки к профилям.
- Практикумы. Для организации практикумов возможно использовать разные подходы или их комбинации:
  - Проведение практикумов по описаниям на страницах профилей и материалов для подготовки.
  - Декомпозиция задач заключительных этапов прошлых лет для выделения наиболее актуальных элементов и их изучения.
  - Анализ технических знаний и навыков (hard skills), требуемых для конкретного профиля, и самостоятельная разработка или поиск занятия для развития наиболее актуальных из них.
  - Посещение практикумов на площадках подготовки и онлайн-мероприятий от разработчиков профилей. Объявления о таких мероприятиях публикуются в группах НТО в VK и в телеграм-канале для наставников НТО ([https://t.me/kruzhok\\_association](https://t.me/kruzhok_association)).

# Второй отборочный этап

## Индивидуальные задачи

В процессе выполнения заданий второго этапа участники отточат навыки работы с микроконтроллерами.

В задании **IV.1.1** второго этапа необходимы навыки разработчика микроконтроллеров, питониста (разработчик на языке Python) и схемотехника.

В задании **IV.1.2** второго этапа необходимы навыки разработчика микроконтроллеров и питониста (разработчик на языке Python) и схемотехника.

В задании **IV.1.3** второго этапа необходимы навыки разработчика на языке Python и инженера-математика.

В задании **IV.1.4** второго этапа необходимы навыки разработчика на языке Python и инженера-математика.

### ***Задача IV.1.1. Эмуляция работы ЦАП (50 баллов)***

Темы: Python, программирование микроконтроллеров и работа с датчиками, знания в области работы ЦАП и АЦП.

#### ***Условие***

На вход ЦАП микроконтроллера поступает закодированный цифровой информационный сигнал в виде последовательности бит. Каждые 4 бита представляют собой закодированную амплитуду синусоидального сигнала, которая формируется на выходе ЦАП. Последовательность бит возрастающая и кодирует синусоидальный сигнал от нуля до первого пикового значения. Известно, что период кодирования одной кодовой последовательности равен 0,625 мкс (микросекунды).

#### ***Формат входных данных***

Необходимо рассчитать амплитуды и частоту выходного синусоидального сигнала.

#### ***Формат выходных данных***

На выходе ожидаются размеры амплитуд синусоидального сигнала в десятичном виде и частота синусоидального сигнала в МГц (мегагерцах). Округлять дробные значения до двух знаков после запятой.



## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
1111
<b>Стандартный вывод</b>
[15, 1.6]

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 import re
2
3 def split(code):
4     massive_amplitude = []
5     amplituda = re.findall(r'\d\d\d\d', code)
6     for i in amplituda:
7         massive_amplitude.append(int(i,2))
8         frequency = 1 / (0.625 * len(amplituda))
9         massive_amplitude.append(round(frequency, 2))
10    print(massive_amplitude)
11 code = input()
12 split(code)

```

### Задача IV.1.2. Работа с ЦАП (50 баллов)

Темы: Python, программирование микроконтроллеров и работа с датчиками, знания в области работы ЦАП и АЦП.

#### Условие

На вход АЦП поступают значения амплитуд синусоидального сигнала. АЦП имеет 9 уровней квантования сигнала (от 0 до 9). Если амплитуда сигнала лежит между уровнями квантования, то она принимает значение ближайшего к ней уровня. Если амплитуда сигнала лежит ровно посередине между двумя уровнями квантования, то данная амплитуда выступает ошибкой и не принимает никакого значения. Требуется правильно соотнести амплитуды сигнала с уровнями квантования.

#### Формат входных данных

На вход подается набор амплитуд синусоидального сигнала, не превышающий 9.

#### Формат выходных данных

На выходе сформировать список из корректно детектированных амплитуд сигнала.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
7.25, 5.5, 6.24, 4.25, 8.1, 5.51
<b>Стандартный вывод</b>
[7, 6, 4, 8, 6]

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 import math
2
3 def f(a, val):
4     return min(a, key=lambda x:abs(x-val))
5 def split(amplitude):
6     massive_quantization = [1,2,3,4,5,6,7,8,9]
7     massive_amplitude = []
8     amplitude = amplitude.split(',')
9     for i in amplitude:
10        if round(float(i) - math.floor(float(i)), 2) != 0.55 and
11           ↳ round(float(i) - math.floor(float(i)), 2) != 0.5 :
12            massive_amplitude.append(f(massive_quantization, float(i)))
13    print (massive_amplitude)
14 amplitude = input()
15 split(amplitude)

```

### Задача IV.1.3. Спектр дискретного сигнала (26 баллов)

*Темы: Python, программирование микроконтроллеров и работа с датчиками, знания в области работы ЦАП и АЦП.*

#### Условие

Задача состоит в том, чтобы разработать функцию, вычисляющую амплитудный спектр входного дискретного сигнала, если при этом известна частота дискретизации. Спектр дискретного сигнала можно вычислить с помощью дискретного преобразования Фурье.

#### Формат входных данных

На вход функции приходит список, содержащий  $F_s$  — частоту дискретизации и другой список  $X$ , который представляет собой оцифрованный дискретный сигнал.

#### Формат выходных данных

Требуется вывести словарь, ключами которого будут частоты (целые числа от 0 до  $F_s$  Гц, исключая саму частоту  $F_s$ ), а значениями служат спектральные значения

частот, содержащихся в сигнале, взятые по модулю (`absolute value`) и округленные до целого по правилам арифметического округления (`round`).

### Примеры

#### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
10 [256. 0,410.91325740968557, 384.91968171105304, 370.5507864605063, 251.55976717718764, 255.99999999999994, 260.44023282281233, 141.4492135394937, 127.08031828894697, 101.08674259031446]
<b>Стандартный вывод</b>
{0: 2560, 1: 640, 2: 320, 3: 0, 4: 160, 5: 0, 6: 160, 7: 0, 8: 320, 9: 640}

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 import numpy as np
2
3 Fs = int(input())
4 X_0 = input()
5 X = list(map(float,X_0[1:-1].split(",")))
6 N = len(X)
7 amplitude = {}
8 spectrum = np.fft.fft(X)
9 for i in range(N) :
10     amplitude[i] = int(round(abs(spectrum[i])))
11 print(amplitude)

```

### Задача IV.1.4. Квантователь (25 баллов)

Темы: Python, программирование микроконтроллеров и работа с датчиками, знания в области работы ЦАП и АЦП.

#### Условие

В данной задаче требуется разработать функцию равномерного квантователя средней высоты (`Mid-riser uniform quantizer`).

#### Формат входных данных

На вход функции поступает список, содержащий  $n$  — разрядность квантования и другой список  $X$ .

## Формат выходных данных

На выходе ожидается список, содержащий квантованный сигнал по правилу средней высоты по уровням  $2^n$ ,  $n$  — целое число. Значения квантованного сигнала округлить до двух знаков после запятой по правилам арифметического округления.

## Примеры

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
8 [256.0, 365.25, 364.68, 418.76, 404.57, 314.38, 333.68, 315.41, 284.89]
<b>Стандартный вывод</b>
[256.32, 365.04, 364.4, 404.45, 314.17, 333.88, 315.45, 284.93]

## Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n = int(input())
2 x = [float(a) for a in input()[1:-1].split(', ')]
3 q = (max(x) - min(x)) / 2 ** n
4 g = [0] * 2 ** n
5 for i in range(2 ** n):
6     g[i] = min(x) + i * q
7 res = [0] * len(x)
8 for i in range(len(x)):
9     for j in range(2 ** n):
10        if x[i] >= g[j]:
11            res[i] = round(min(x) + (j + 0.5) * q, 2)
12 a = max(res)
13 while a in res:
14     res.pop(res.index(a))
15 print(res)
```

# Командные задачи

На этом этапе участникам предлагаются задачи, связанные с вычислением спектра дискретного сигнала, работой ЦАП, фильтрацией оцифрованных данных и цифровой обработкой сигнала. Успех на этом этапе зависит не только от индивидуальной работы, но и от командного взаимодействия. Количество участников в команде: не более 4.

Роли:

- лидер: декомпозиция задачи, отслеживание этапов выполнения, разработка архитектуры проекта;
- разработчик аппаратной/клиентской части: программирование микроконтроллера, обработка аналоговых сигналов с датчиков;

- разработчик программной/серверной части: программирование на языке высокого уровня, обработка и хранение полученных данных с клиентской части;
- математик: разработка алгоритмов сжатия и передачи данных, цифровая обработка сигнала.

### **Задача IV.2.1. (100 баллов)**

*Темы: ЦОС, фильтрация данных, сетевые технологии.*

#### **Условие**

Одним из этапов в разработке цифровых сенсорных систем является тестирование и отладка. На этом этапе необходимо проверить работу системы, в том числе правильность полученных результатов измерений.

Цифровые датчики — это измерительные преобразователи физических величин в электрические сигналы. Цифровые датчики на выходе предоставляют численный набор данных в различных форматах.

При преобразовании, передаче и получении данных возможно появление шумов, погрешностей и выбросов. Для получения более точной картины измерений применяют различные способы фильтрации и сглаживания полученного сигнала.

Вам необходимо провести отладку сенсорной системы. Цифровой сенсор производит 10 измерений в 1 с. Во время испытаний датчик считывал один и тот же сигнал длительностью 1 мин. Было произведено 50 таких испытаний. Таким образом, были получены массивы данных по 50 испытаниям.

Необходимо найти стандартное отклонение по каждому испытанию. В ответ ввести строку, содержащую значения стандартного отклонения по каждому испытанию, через запятую, округленные до трех знаков после запятой.

#### **Получение данных**

Данные, полученные при отладке сенсорной системы, находятся на удаленном сервере. Сервер располагается по адресу: `dt-miet.ru`. `Socket`; сервер прослушивает порт 58080. Для получения этих данных вам необходимо осуществить соединение с сервером и отправить запрос по следующему протоколу:

```
nto_dss stage_2 <name> <n>
```

где `<n>` — это порядковый номер испытания в диапазоне от 1 до 50, а `<name>` — название команды на латинице.

#### **Пример входных данных**

```
nto_dss stage_2 team 1
```

В ответ будет получено сообщение следующего вида:

```
<timestamp>
```

```
<body_length>
```

<n>

<data>,

где <timestamp> — временная метка: 10 байт, <body\_length> — длина строки с данными: 5 байт, <n> — порядковый номер испытания: 2 байта, <data> — строка, содержащая данные испытания: <body\_length> байт.

### *Результат работы программы*

1698163001

04197

01

28.8 30.015 23.729 2.143 21.358 26.772 15.986 25.9 29.513 12.727 14.239  
 26.252 31.064 33.776 8.288 8.898 11.309 6.219 8.928 7.437 17.344 20.352  
 11.058 20.964 14.669 22.773 21.277 8.679 22.781 21.281 38.081 14.68  
 27.877 29.073 14.069 40.163 31.156 35.048 14.038 18.527 22.715 29.302  
 33.487 19.971 36.453 18.134 22.014 20.492 15.068 32.743 28.516 24.587  
 33.557 37.125 34.391 27.156 21.719 22.88 26.439 20.996 23.651 34.405  
 20.256 40.905 31.253 39.598 24.541 30.782 38.821 22.558 34.493 28.725  
 47.556 42.684 44.409 25.433 40.954 21.972 42.889 49.402 32.514 47.123  
 47.329 51.433 49.235 28.734 49.93 40.824 38.315 47.504 38.69 30.173  
 29.754 36.231 29.507 45.579 53.549 26.715 28.979 40.241 48.799 38.154  
 35.607 55.557 45.504 38.148 28.389 33.627 37.362 40.494 38.523 39.549  
 38.172 36.792 52.509 45.422 35.633 54.641 45.745 32.047 36.645 31.04  
 44.032 40.521 49.007 58.39 56.369 56.745 54.118 38.288 53.954 43.218  
 38.778 40.034 57.488 38.938 31.185 52.229 37.27 41.807 42.141 54.172  
 39.499 43.423 54.844 50.062 59.676 51.587 30.595 47.699 43.2 33.298  
 41.692 57.583 32.071 57.856 36.537 42.515 41.59 35.261 51.129 59.194  
 37.556 31.814 29.969 31.121 36.47 42.115 50.157 33.596 41.931 49.964  
 54.693 52.219 47.642 42.761 47.778 58.491 35.601 56.508 39.911 34.112  
 48.109 36.004 39.495 43.883 33.868 57.45 37.229 35.905 39.978 52.448  
 49.615 34.179 51.44 27.898 38.853 39.005 28.354 48.601 47.544 29.385  
 52.323 32.658 40.89 52.719 28.846 30.47 30.591 36.71 50.325 48.939  
 25.649 30.857 47.162 49.065 26.965 44.163 26.258 48.25 49.841 48.728  
 43.714 36.896 26.177 37.655 28.131 39.304 49.876 32.245 25.411 48.276  
 27.338 20.799 38.257 44.913 44.967 33.319 40.269 46.317 41.263 26.007  
 39.549 22.489 24.328 43.864 42.399 19.032 37.363 36.493 39.821 27.847  
 19.172 24.595 41.417 14.137 22.855 13.572 38.188 29.202 16.915 26.227  
 23.837 36.746 26.854 24.461 21.166 19.97 0.674 10.076 36.477 23.277  
 37.676 28.374 21.171 34.668 34.963 12.758 7.052 21.145 28.037 33.729  
 13.02 19.011 33.101 32.79 29.479 8.468 10.856 6.943 28.531 9.018 28.504  
 16.79 16.177 13.463 13.748 3.234 25.42 26.305 27.191 7.376 23.262 2.547  
 13.933 0.119 27.705 7.891 0.978 20.465 11.452 12.339 6.327 20.115 4.804  
 17.093 22.183 -2.426 -3.335 16.456 15.248 16.441 18.235 11.93 21.825  
 14.621 14.018 11.616 7.415 8.314 17.915 -4.283 5.02 -3.076 -7.871 -2.465  
 -6.058 -6.049 3.561 -1.828 4.185 7.199 13.214 7.83 -1.451 -0.532 12.689  
 -1.688 15.436 -1.338 -5.21 -11.481 -3.051 13.782 -13.784 0.952 -1.41  
 -9.47 -6.729 -3.385 -6.64 -1.792 -4.443 9.708 3.162 -9.683 8.675 -9.866  
 -11.004 -0.44 -15.674 2.994 6.365 -7.662 -13.287 -3.61 -0.53 -18.448

```

-11.163 -10.476 -7.687 -2.495 -11.401 1.296 -20.804 -7.203 -22.098
-15.091 -23.381 -5.269 -15.354 -21.836 -19.616 -14.993 -17.267 -12.338
-14.307 -14.773 -0.836 -15.696 -14.053 -10.308 1.54 -8.808 -18.854 2.003
-13.737 1.726 -4.708 -23.739 -18.467 -15.292 -19.314 -5.033 -23.149
-18.161 -26.671 -3.078 -21.181 -19.481 0.521 -18.773 -8.064 -25.251
-12.736 -2.318 -17.696 -17.171 -15.443 -17.011 -9.277 -24.939 -12.698
-14.253 -9.806 -11.655 -11.401 -16.544 -11.183 -6.419 -1.352 -18.782
-24.208 -0.831 -4.451 -17.367 -16.48 -0.29 -13.796 -25.5 -13.8 -6.596
-99.49 -25.78 -24.266 -10.15 -10.73 -15.507 -21.78 -16.651 -16.918
-21.681 -17.442 -8.999 -12.553 -21.504 -28.651 -15.995 -5.436 -20.374
-2.308 -20.24 -22.868 -18.892 -23.614 -16.032 -10.848 0.94 -21.769 0.226
-5.677 -27.177 -21.673 -6.866 -19.956 -23.143 -15.528 -25.008 -22.186
-21.461 -10.233 -22.702 -15.368 -18.831 -14.191 -19.148 -11.202 -19.453
-16.301 -25.147 -6.389 -11.029 -11.766 -2.6 -15.631 -14.859 -24.585
-23.508 -5.028 0.554 -19.961 -16.473 -18.082 4.311 -20.694 4.404 -21.795
6.308 -7.286 -22.078 5.733 -7.554 5.862 -13.72 -18.0 -6.677 -18.452
-9.225 -11.996 -18.664 -18.73 9.406 -18.555 2.085 -16.872 -7.027 -5.881
9.068 -15.581 -9.028 -11.774 -5.217 13.041 -7.098 -0.036 3.328 -14.706
-5.739 -2.469 -7.298 11.574 13.948 -11.576 -5.898 11.781 -5.639 -10.457
-11.974 3.911 9.597 -9.315 3.274 1.764 -10.845 1.148 18.542 5.337 10.733
-7.57 2.928 17.028 -5.772 0.829 9.531 21.234 14.638 8.043 5.949 23.355
22.162 21.87 8.378 24.287 0.897 11.707 3.318 24.629 3.641 22.553 25.565
0.678 17.792 14.205 25.019 10.333 20.547 22.661 10.075 4.69 18.204

```

## Пример программы-решения

### Часть 1

```

1  import socket
2  import os
3  import json
4
5  HOST = 'dt-miet.ru'
6  PORT = 58080
7
8  message_template = 'nto_dss stage_2 {} {}'
9  team = 'team'
10
11 DIRS = {'raw_dir': './raw_data', 'dir': './data'}
12
13 def make_dirs():
14     """
15     =====
16     обработка файлов
17     =====
18     """
19     pass
20
21 def parse_data(data, n):
22     data = list(map(float, data.decode().split('\n')[-1].split()))
23     with open(f'{DIRS["dir"]}/{n}.json', 'w') as fd:
24         json.dump(data, fd, indent=4)
25
26 def save_raw_data(data, n):
27     with open(f'{DIRS["raw_dir"]}/{n}', 'w') as fd:

```

```

28         fd.write(data.decode())
29
30     def get_data(n):
31         sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
32         sock.settimeout(15)
33         sock.connect((HOST, PORT))
34         sock.sendall(message_template.format(team, n).encode())
35         response = sock.recv(8192)
36         sock.close()
37         return response
38
39     def main():
40         make_dirs()
41         for n in range(50):
42             data = get_data(n)
43             save_raw_data(data, n)
44             parse_data(data, n)
45
46     if __name__ == '__main__':
47         # main()
48         print(get_data(1))
49         data = get_data(2)
50         with open('/tmp/data', 'w') as fd:
51             fd.write(data.decode())

```

## Часть 2

```

1     import os
2     from statistics import mean
3
4     """
5     =====
6     обработка файлов
7     =====
8     """
9
10    files = os.listdir('data')
11
12    def variance(data):
13        mu = mean(data)
14        n = len(data)
15        square_deviation = lambda x : (x - mu) ** 2
16        return sum( map(square_deviation, data) ) / n
17
18    out = []
19
20    for _file in files:
21        with open(f'data_fix/{_file}') as fd:
22            data = list(map(float, fd.read().split(' ', )))
23            var = variance(data)
24            n = round(var ** (1/2), 3)
25            out.append(n)
26    out_str = ', '.join(map(str, out))
27
28    print(out_str)

```



# Работа наставника НТО при подготовке к заключительному 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. Для подготовки рекомендуется использовать сборники задач прошлых лет. Кроме того, наставнику важно изучить организационные особенности заключительного этапа, чтобы помочь ученикам разобраться в формальных особенностях его проведения.

Наставник НТО также может познакомиться с разработчиками профилей для получения консультации о подготовке к заключительному этапу, дополнительных материалах и способах поддержки высокой мотивации участников.

При работе с командой участников рекомендуется уделить внимание следующим вопросам:

- Сплочение команды. Наставнику необходимо уделить этому особое внимание, если участники команды находятся в разных городах и не имеют возможности встретиться в очном формате. Регулярные встречи, в том числе в дистанционном формате, помогут поддержать эффективную и позитивную коммуникацию внутри команды.
- Анализ состава команды. Необходимо обсудить роли участников в команде и задачи, которые им предстоит решать в рамках выбранных ролей. Кроме того, нужно обсудить взаимозаменяемость ролей.
- Анализ знаний и компетенций участников. Необходимо убедиться, что участники обладают нужными навыками и компетенциями и продумать план по формированию и развитию недостающих навыков и компетенций.
- Составление плана подготовки. График занятий строится, исходя из даты начала заключительного этапа.
- Участие в подготовительных мероприятиях от разработчиков профилей. Перед заключительным этапом проводятся установочные вебинары, разборы задач прошлых лет, практикумы, хакатоны, мастер-классы для финалистов. Информация о таких мероприятиях публикуется в группе НТО в VK и в чатах профилей в Telegram.
- Проведение практикумов или хакатонов. Для этого наставники могут использовать материалы для подготовки к соответствующему профилю и сборники задач прошлых лет. Практикумы и хакатоны могут проводиться дистанционно, рекомендации для этого формата приведены в сборниках 2020–22 гг.

Во время заключительного этапа участников сопровождают модераторы или волонтеры, разработчики профиля и организаторы НТО. Внешнее вмешательство в ход соревнований запрещено. Участники, получившие во время проведения НТО стороннюю помощь, могут быть дисквалифицированы.

# Заключительный этап

## Предметный тур

### Информатика и информационные технологии. 8–11 классы

Тестовые наборы для задач представлены по ссылке — <https://disk.yandex.ru/d/OXbiemgdnUORcg>.

#### Задача VI.1.1.1. БАЦ-преобразование (15 баллов)

Темы: алгебра логики.

##### Условие

Иван задался вопросом изменений функций алгебры логики, в результате чего придумал два преобразования:

БАЦ-преобразованием булевой функции  $F(A, B, C, D)$  Иван назвал выражение

$$\neg((B \vee \neg A \wedge C) \oplus F(A, B, C, D)).$$

БАБАЦ-преобразованием булевой функции  $F(A, B, C, D)$  Иван назвал выражение

$$F(A, B, C, D) \oplus ((B \vee B) \vee ((A \vee A) \vee C))$$

После чего Иван придумал функцию  $F(A, B, C, D)$  с таблицей истинности.

$A$	$B$	$C$	$D$	$F(A, B, C, D)$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1

$A$	$B$	$C$	$D$	$F(A, B, C, D)$
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

И поочередно применил к функции  $F(A, B, C, D)$  101 БАЦ-преобразование и 101 БАБАЦ-преобразование: то есть на первом шаге он получил БАЦ( $F$ ), после к полученной функции применил БАБАЦ(БАЦ( $F$ )), на следующем шаге получил БАЦ(БАБАЦ(БАЦ( $F$ ))), после БАБАЦ(БАЦ(БАБАЦ(БАЦ( $F$ )))) и т. д.

Какую таблицу истинности имеет полученная в результате всех преобразований функция?

В ответе укажите только последний столбец таблицы истинности (без пробелов и переносов строк).

### Решение

Запишем вид формулы, полученной после БАЦ и БАБАЦ-преобразований:

$$\neg((B \vee \neg A \wedge C) \oplus F(A, B, C, D)) \oplus C. \quad (\text{VI.1.1})$$

Раскроем правую часть с помощью закона де Моргана и преобразованием Штриха Шеффера:  $A \mid B = \neg(A \wedge B)$ , следовательно  $A \mid A = \neg A$ .

Получим

$$C = \neg B \mid C = \neg B \mid (\neg(\neg A \wedge C)) = \neg B \vee (A \vee \neg C) = B \vee \neg A \wedge C.$$

Заметим, что полученное выражение частично совпадает с выражение БАЦ-преобразования, обозначим его за  $X$ .

Тогда выражение (VI.1.2) примет вид:

$$\neg(X \oplus F(A, B, C, D)) \oplus X. \quad (\text{VI.1.2})$$

Воспользовавшись свойствами операции сложения по модулю 2:

$$A \oplus B = A \wedge \neg B \vee \neg A \wedge B.$$

Можно свести выражение (VI.1.2) к значению  $\neg F(A, B, C, D)$ .

Таким образом, после одного поочередного БАЦ и БАБАЦ-преобразований получается отрицание исходной функции. Из этого делаем вывод, что после четного количества подобных преобразований функция всегда будет принимать исходный вид, а после нечетного будем получать отрицание. Так как по условиям необходимо совершить 101 преобразование, ответом будет  $\neg F(A, B, C, D)$ .

**Ответ:** 1111010001010011.

### Задача VI.1.1.2. Великолепная девятка (15 баллов)

Темы: математика.

### Условие

Иван и Маша решили сыграть в игру, суть которой заключается в следующем:

1. выбирается число и активный игрок (активным игроком называется игрок, чей ход длится в данный момент);
2. активный игрок в свой ход может сделать одно из двух действий:
  - приписать в начало числа цифру 1;
  - приписать в конец числа цифру 2;
3. происходит проверка делимости нового числа на 9:
  - если число делится на 9 (без остатка), то активный игрок объявляется победителем;
  - если число не делится на 9, но в игре сделано 5 ходов — объявляется ничья;
  - в ином случае происходит переход хода, то есть меняется активный игрок.

Иван и Маша договорились сыграть 2024 партии, при этом выбранным числом будет номер партии. Во всех нечетных партиях первым активным игроком будет Иван, а во всех четных — Маша. Определите количество побед Ивана, количество побед Маши и количество ничьих при условии, что игроки делают оптимальные для своей победы ходы.

В ответ выведите три числа через пробел, где первое число — количество побед Ивана, второе число — количество побед Маши, третье число — количество ничьих.

Например, если Иван победит 2000 раз, Маша — 20 раз и будет 4 ничьих, в ответе укажите: 2000 20 4.

### Решение

Воспользуемся признаком делимости на 9: число делится на 9, если сумма его цифр делится на 9.

В связи с этим заметим, что для игры важны только остатки от деления числа на 9, а наши доступные действия можно трактовать, как добавить 1 или 2 к текущему остатку от деления. Из этого следует, что если полученное нами число имеет остаток от деления 7 или 8, то мы сразу выигрываем за 1 ход, добавив 2 или 1 соответственно. Далее заметим, что если полученное число имеет остаток 6, то мы проиграем за 2 хода, так как обязаны передать оппоненту 7 или 8, после чего он выигрывает.

Составим таблицу побед и поражений в зависимости от полученного числа (точнее, остатка).

Остаток	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Результат	=	+	+	−	+	+	−	+	+

Ничья возникает, если исходное число делится на 9, то есть остаток от деления равен нулю — при получении такого числа выиграть мы не можем (при оптимальной стратегии оппонента), но, добавляя всегда единицу, неизбежна ничья.

Теперь рассмотрим любые подряд идущие 18 раундов: в них 9 раз первым будет Иван (когда исходное число нечетное) и 9 раз первой будет Маша (когда исходное число четное). Далее несложно убедиться, что за 9 раз, когда первым будет Иван, он

получит числа с девятью возможными остатками от деления (от 0 до 8). Аналогичная ситуация будет и у Маши. Поэтому за 18 подряд идущих раундов при оптимальной стратегии Иван выиграет 8 партий, Маша выиграет 8 партий и 2 раза возникнет ничья.

Таким образом, спустя 2016 партий ( $\frac{2016}{18} = 112$ ) счет будет 896 896 224.

В оставшихся партиях с числами 2017 — 2024 победы распределятся так: ИММ-МИИИМ — по 4.

**Ответ:** 900 900 224.

### ***Задача VI.1.1.3. Невероятная точность (20 баллов)***

*Темы: реализация, граничные условия.*

#### ***Условие***

Иван обожает собирать и анализировать данные. Недавно в архиве спортзала он наткнулся на протоколы матчей и решил подготовить статистику по трехочковым броскам баскетбольных поединков (вы наверняка знаете, что в баскетболе каждое попадание в корзину может классифицироваться как одно-, двух- или трехочковое попадание, и соответственно приносит команде 1, 2 или 3 очка). К сожалению, точное количество трехочковых попаданий в протоколе не указано, но указано общее количество попаданий мяча в корзину, а также итоговый счет (сумма набранных очков каждой из команд).

Помогите Ивану подсчитать максимально возможное количество трехочковых попаданий в матче.

#### ***Формат входных данных***

В первой строке дано целое число  $K$  ( $1 \leq K < 10^9$ ) — число попаданий мяча в корзину.

Во второй строке даны 2 целых числа в формате  $M : N$  ( $0 \leq M, N \leq 3 \cdot 10^9$ ) — итоговый счет в матче ( $M$  — сумма очков первой команды,  $N$  — сумма очков второй команды).

#### ***Формат выходных данных***

В ответ выведите  $-1$ , если итоговый счет не соответствует числу попаданий. Иначе выведите одно число — максимально возможное количество трехочковых попаданий в матче.

#### **Методика проверки:**

Программа проверяется на 50 тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,4 балла.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 k = int(input())
2 m, n = [int(j) for j in input().split(":")]
3
4 max_k = m + n
5 min_k = m // 3 + (1 if m % 3 > 0 else 0) + n // 3 + (1 if n % 3 > 0 else 0)
6 max_3x = m // 3 + n // 3
7
8 if max_k < k or min_k > k:
9     print(-1)
10 else:
11     count_3x = (max_k - k) // 2
12     if count_3x > max_3x:
13         print(-1)
14     else:
15         print(count_3x)

```

### Задача VI.1.1.4. Аллея близнецов (25 баллов)

Темы: симметричное отображение, словарь.

#### Условие

Иван, гуляя по парку, придумал термин «деревья-близнецы», обозначающий два дерева, длины отрезков кратчайших расстояний от которых до тропинки равны и лежат на одной прямой, и при этом деревья находятся по разную сторону (слева и справа) от тропинки. После этого Иван задался вопросом: а можно ли в парке проложить такую Аллею «Близнецов», относительно которой любое дерево будет иметь близнеца?

Помогите Ивану отыскать координату такой Аллеи, или сообщите, что это сделать невозможно.

Аллея обязана быть прямой и удовлетворять уравнению  $Y = X + k$  (где  $k$  — целочисленная константа). Аллея является Аллеей «Близнецов» если для любого дерева, не находящегося на Аллее, существует «дерево-близнец». При этом заметим, что деревья, находящиеся непосредственно на Аллее (точки, принадлежащие прямой  $Y = X + k$ ) не обязаны иметь близнецов (считайте, что данные деревья потенциально будут спилены для прокладывания Аллеи).

#### Формат входных данных

В первой строке дано целое число  $N$  ( $1 \leq N < 10^5$ ) — количество деревьев в парке.

В следующих  $N$  строках даны 2 целых числа  $X$  и  $Y$  ( $-10^4 \leq X, Y \leq 10^4$ ) — координата  $N$ -го дерева в парке.

### Формат выходных данных

В ответ выведите целое число  $k$ , если прямая  $Y = X + k$  является искомой Аллеей «Близнецов». В противном случае выведите слово: *NO*.

### Методика проверки

Программа проверяется на 50 тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  n = int(input())
2
3  points = []
4  on_line = [-1, 0]
5  for i in range(n):
6      x0, y0 = [int(j) for j in input().split(" ")]
7
8      y1 = (x0 + y0)/2
9      x1 = x0 - (x0 + y0)/2
10
11     if on_line[0] == -1:
12         on_line = [0, x1]
13     elif on_line[0] == 0:
14         if on_line[1] != x1:
15             on_line = [1, x1]
16
17     points.append([x1, y1])
18
19 if on_line[0] == 0:
20     print(int(-2 * on_line[1]))
21 else:
22     min_point = points[0]
23     max_point = points[0]
24
25     for i in range(n):
26         if min_point[0] >= points[i][0]:
27             if min_point[0] > points[i][0] or min_point[1] > points[i][1]:
28                 min_point = points[i]
29
30         if max_point[0] <= points[i][0]:
31             if max_point[0] < points[i][0] or max_point[1] > points[i][1]:
32                 max_point = points[i]
33
34     flag_k = False
35     if min_point[1] != max_point[1]:
36         print("NO")
37     else:
38         k = -1 * (min_point[0] + max_point[0])
39         flag_k = True
40
41 if flag_k:
42     dict_solver = dict()
43     for i in range(n):

```

```

44     points[i][0] = (points[i][0] * 2 + k) / 2
45
46     if points[i][0] == -2881 and points[i][1] == -2833.5:
47         print(points[i][0])
48         print(points[i][1])
49
50     if points[i][0] != 0:
51         if dict_solver.get((-points[i][0], points[i][1]), False):
52             del dict_solver[(-points[i][0], points[i][1])]
53         else:
54             dict_solver[(points[i][0], points[i][1])] = 1
55
56     if len(dict_solver) == 0:
57         print(int(k))
58     else:
59         print("NO")

```

### Задача VI.1.1.5. Экономная беседка (25 баллов)

Темы: массив, интегральные суммы.

#### Условие

Директор парка, узнав, насколько хорошо Иван изучил территорию, решил попросить у него помощи в поиске места под строительство беседки. Парк на плане уже разбит на квадратные области, в каждой области указано количество растущих там деревьев. У директора имеются эскизы беседок, и он хочет выделить такую прямоугольную область, чтобы количество деревьев в ней строго соответствовало количеству деревьев, необходимых для сооружения одной из беседок.

Помогите найти в парке данную область или сообщите, что ее не существует.

#### Формат входных данных

В первой строке даны 2 целых числа  $L$  и  $W$  ( $1 \leq L, W \leq 1000$ ) — длина и ширина парка (в количестве квадратных областей).

В каждой из следующих  $L$  строк даны  $W$  целых чисел  $M_{ij}$  ( $1 \leq i \leq L; 1 \leq j \leq W; 0 \leq M_{ij} \leq 1000$ ) — количество деревьев в данных областях.

В следующей строке дано целое число  $K$  ( $1 \leq K \leq 5$ ) — количество эскизов беседок.

В каждой из следующих  $K$  строк даны 3 целых числа  $l, w, n$  ( $1 \leq l \leq L, 1 \leq w \leq W, 1 \leq n \leq 1000$ ) — длина и ширина области под беседку, количество деревьев для постройки беседки.

#### Формат выходных данных

В ответ выведите 2 числа:  $i j$ .

$i$  — номер верхней левой области под беседку по длине.

$j$  — номер верхней левой области под беседку по ширине.



(Если существует несколько областей, подходящих под условия постройки одной из беседок, — выведите область с  $i = \min(i)$ , если и таких несколько — выведите из них только  $j = \min(j)$ ).

В ответ выведите  $-1$ , если необходимой области не существует.

### Методика проверки

Программа проверяется на 50 тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла.

### Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 def nto5():
2
3     L, W = [int(j) for j in input().split(" ")]
4     park = []
5     for i in range(L):
6         park.append([int(m) for m in input().split(" ")])
7
8     K = int(input())
9     pavilions = []
10    for i in range(K):
11        pavilions.append([int(p) for p in input().split(" ")])
12
13    integral_park = []
14    for i in range(L):
15        integral_park.append([])
16        for j in range(W):
17            if i == 0:
18                if j == 0:
19                    integral_park[i].append(park[i][j])
20                else:
21                    integral_park[i].append(integral_park[i][j-1] + park[i][j])
22            else:
23                if j == 0:
24                    integral_park[i].append(integral_park[i-1][j] + park[i][j])
25                else:
26                    m = integral_park[i][j-1] + integral_park[i-1][j] -
27                    ↪ integral_park[i-1][j-1] + park[i][j]
28                    integral_park[i].append(m)
29
30    for i in range(L):
31        for j in range(W):
32            for z in range(K):
33                if (i + pavilions[z][0] - 1) < L and (j + pavilions[z][1] - 1) < W:
34                    a = integral_park[i+pavilions[z][0]-1][j+pavilions[z][1]-1]
35
36                    if i > 0:
37                        c = integral_park[i-1][j+pavilions[z][1]-1]
38                    else:
39                        c = 0
40
41                    if j > 0:
42                        b = integral_park[i + pavilions[z][0]-1][j-1]

```

---

```
42         else:
43             b = 0
44
45         if i > 0 and j > 0:
46             d = integral_park[i-1][j-1]
47         else:
48             d = 0
49
50         integral_sum = a - b - c + d
51         if integral_sum == pavilions[z][2]:
52             return str(i+1) + ' ' + str(j+1)
53     return -1
54
55
56 print(nts5())
```

## Физика. 8–9 классы

### Задача VI.1.2.1. Прогулка (20 баллов)

Темы: равномерное прямолинейное движение.

#### Условие

Настя четверть пути прошла, разговаривая по телефону с мамой, затем сразу связалась с бабушкой и прошла еще одну пятую часть пути. Треть пути она разговаривала с подружкой. Оставшиеся 130 м она прошла молча, затратив на это 1 мин и 5 с.

1. Определите весь пройденный Настей путь.
2. Считая ее скорость постоянной, найдите время, потребовавшееся Насте на дорогу.

#### Критерии оценивания

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

#### Решение

1. Обозначив весь пройденный путь через  $S$ , запишем:

$$S = \frac{S}{4} + \frac{S}{5} + \frac{S}{3} + 130.$$

Решая это уравнение, получим  $S = 600$  м.

2. Скорость найдем, используя данные, полученные на последнем участке:

$$V = \frac{130 \text{ м}}{65 \text{ с}} = 2 \text{ м/с.}$$

Полное время движения найдем, используя данные о пути и скорости:

$$T = \frac{S}{V} = 300 \text{ с} = 5 \text{ мин.}$$

#### Ответ:

1.  $S = 600$  м.
2.  $T = 5$  мин.

### Задача VI.1.2.2. Игры с обручем (20 баллов)

Темы: относительность механического движения, средняя скорость тела при неравномерном движении, равномерное движение по окружности.

**Условие**

Гимнастический обруч радиусом  $R$  катится без проскальзывания так, что его центр движется со скоростью  $V = 3,14$  м/с.

1. С какой скоростью  $V_v$  движется верхняя точка обруча?
2. С какой скоростью  $V_r$  движется точка обруча, лежащая на горизонтальном диаметре?
3. На обруче маркером поставили метку. При качении обруча метка движется по траектории, которая называется циклоидой. Путь, пройденный меткой между двумя последовательными касаниями земли, равен  $8R$ . Определите среднюю путевую скорость  $V_{cp}$  движения метки по циклоиде за один оборот колеса.

**Критерии оценивания**

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 5 баллов за правильный ответ на вопрос 2.
3. 5 баллов за правильный ответ на вопрос 3.

**Решение**

Так как обруч катится без проскальзывания, то его нижняя точка покоится относительно земли. Перейдя в систему отсчета, связанную с осью обруча, наблюдаем, как эта точка вместе с землей движется с направленной по касательной к обручу скоростью  $V_k = V = 3,14$  м/с относительно оси.

Полагая обруч недеформируемым, получаем, что все его точки движутся с одинаковой по величине скоростью  $V_k$  относительно оси.

Возвращаясь в систему отсчета, связанную с землей, для всех точек обруча получаем вектор скорости  $\vec{V}_{обр}$ , складывающийся из горизонтального вектора скорости движения оси  $\vec{V}$  и вектора  $\vec{V}_k$ , направленного по касательной к обручу в данной точке и равного по модулю скорости движения оси:  $\vec{V}_{обр} = \vec{V} + \vec{V}_k$ .

1. В верхней точке обруча эти векторы параллельны, поэтому  $V_{обр} = V + V_k = 2V = 6,28$  м/с.
2. Для точки обруча, находящейся в данный момент на горизонтальном диаметре, вектор касательной скорости направлен вверх (или вниз), поэтому результирующая скорость  $\vec{V}_{обр}$  есть диагональ квадрата, построенного на векторах  $\vec{V}$  и  $\vec{V}_k$ . По теореме Пифагора получаем  $V_{обр} = V\sqrt{2} = 4,4$  м/с.
3. Метка проходит путь  $8R$  за то же время, что ось проходит расстояние, равное длине окружности (это также расстояние между двумя точками касания метки земли). Поэтому справедливо соотношение:

$$\frac{8R}{V_{cp}} = \frac{2\pi R}{V},$$

откуда получаем

$$V_{cp} = \frac{4V}{\pi} = (4 \cdot 3,14)\pi = 4 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**

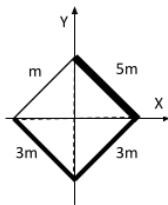
1.  $V_b = 2V = 6,28 \text{ м/с}$ ;
2.  $V_r = V\sqrt{2} = 4,4 \text{ м/с}$ ;
3.  $V_{cp} = \frac{4V}{\pi} = 4 \text{ м/с}$ .

### Задача VI.1.2.3. Двенадцать палочек (20 баллов)

Темы: центр масс.

#### Условие

Из 12 одинаковых тонких стержней длиной  $a = 120 \text{ см}$  Коля сделал квадрат так, что две его смежные стороны состояли из трех стержней каждая, а две другие — из одного и пяти стержней. То есть стороны квадрата имели массы  $m$ ,  $3m$ ,  $3m$  и  $5m$ , как показано на рисунке.



1. На каком расстоянии от центра полученного квадрата находится его центр масс?
2. Перекладывая стержни, но следя за тем, чтобы вдоль каждой стороны квадрата оставался хотя бы один стержень, Коля нашел расположение стержней, при котором расстояние от центра масс до центра квадрата максимальное. Найдите это расстояние.

#### Критерии оценивания

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

#### Решение

1. Центр масс каждого стержня находится в их середине на расстоянии:

$$x_{ц.ст} = \frac{a}{2} = 60 \text{ см}$$

от центра квадрата.

Введем оси координат, как указано на рисунке. Выше и ниже оси  $X$  находятся одинаковые массы  $6m$ , откуда делаем вывод, что  $Y$  — координата центра масс равна нулю. Слева и справа от оси  $Y$  находятся «тела», имеющие массы  $4m$  и  $8m$  соответственно и представляющие собой две стороны равнобедренного треугольника. Центр масс каждого «тела» лежит на линии, соединяющей центры

масс сторон, то есть на средней линии этого треугольника. Тогда  $X$ -координату центра масс можно определить по формуле:

$$x_{\text{цм}} = \frac{4m \cdot x_1 + 8m \cdot x_2}{12m} = \frac{x_1 + 2 \cdot x_2}{3},$$

где  $x_1$  и  $x_2$  равны четверти диагонали квадрата и отличаются только знаками. Подставляя эти значения в формулу, получаем:

$$x_{\text{цм}} = \frac{-\frac{a\sqrt{2}}{4} + 2 \cdot \frac{a\sqrt{2}}{4}}{3} = \frac{a\sqrt{2}}{12} \approx 14,1 \text{ см.}$$

2. Наибольшее смещение центра масс от центра квадрата будет при наименее симметричном расположении стержней — три стороны по одному стержню и одна сторона, содержащая остальные 9 стержней. Это можно рассмотреть как совокупность двух тел — квадрата со сторонами по одному стержню с центром масс в центре квадрата (в начале координат) и пачки из 8 стержней, расположенных вдоль одной из сторон с центром масс, находящемся на расстоянии  $x_{\text{ц.ст}} = \frac{a}{2} = 60 \text{ см}$  от центра квадрата.

Тогда координата общего центра масс будет:

$$x_{\text{цм}} = \frac{4m \cdot 0 + 8m \cdot \frac{a}{2}}{12m} = \frac{a}{3} = 40 \text{ см.}$$

**Ответ:**

1.  $x_{\text{цм}} = \frac{a\sqrt{2}}{12} \approx 14,1 \text{ см};$
2.  $x_{\text{цм}} = \frac{a}{3} = 40 \text{ см.}$

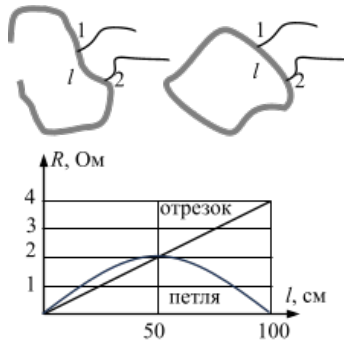
#### **Задача VI.1.2.4. Две проволочки (20 баллов)**

*Темы: сопротивление проводника, последовательное и параллельное соединение проводников.*

**Условие**

Настя любит изучать электричество и часто экспериментирует. Она взяла два куска нихромовой (сплав никеля и хрома, обладающий высоким сопротивлением) проволоки одинаковой длины, но разного диаметра, и концы одного из них соединила, получив замкнутую проволочную петлю. Далее Настя стала измерять сопротивление между контактами 1 и 2 к проволоке, изменяя расстояние  $l$  между ними.

По результатам измерений Настя построила два графика: один — для отрезка проволоки, а второй — для петли.



1. Во сколько раз сопротивление незамкнутого куска проволоки меньше сопротивления того, из которого сделана петля?
2. Во сколько раз отличаются диаметры проволок? Ответ округлите до десятых.

### Критерии оценивания

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

### Решение

1. Из графика видно, что сопротивление незамкнутого отрезка проволоки  $R_1 = 4$  Ом. Второй провод замкнут в петлю и максимальное сопротивление между контактами будет тогда, когда между ними два параллельно соединенных одинаковых части длиной по 50 см. Из графика видно, что их сопротивления равно 2 Ом, а значит, сопротивление каждой части — 4 Ом. Полная длина петли, как и полное сопротивление проволоки, из которой она согнута, вдвое больше, то есть  $R_2 = 8$  Ом.

Отсюда находим

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{8}{4} = 2.$$

2. При одинаковой длине сопротивление проводов из одного материала обратно пропорционально площади их поперечного сечения, или, что тоже самое, обратно пропорционально квадрату диаметров. Сопротивление второго (замкнутого) провода больше в 2 раза, а значит его диаметр меньше в  $\sqrt{2}$  раз, то есть

$$\frac{D_1}{D_2} = \sqrt{2}.$$

В качестве ответа допускается обратное соотношение диаметров

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7.$$

Ответ:

1. в 2 раза.
2. в  $\sqrt{2} = 1,4$  раза или в  $\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7$  раз.

### Задача VI.1.2.5. На крючке (20 баллов)

Темы: кинематические связи.

#### Условие

На стройке поднимают крюком два связанных тросом груза разной массы. Крюк движется вверх с постоянной скоростью  $V = 2$  м/с.



Найдите:

1. скорость верхнего груза, когда нижний неподвижен;
2. скорость и направление движения нижнего груза, когда верхний поднимается со скоростью 8 м/с;
3. скорость и направление движения нижнего груза, когда верхний неподвижен.

#### Критерии оценивания

1. 5 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.
3. 5 баллов за правильный ответ на вопрос 3.

#### Решение

1. Направим ось координат вертикально вверх, перейдем в подвижную СО, связанную с крюком, и будем считать трос нерастяжимым. В этой СО нижний груз удаляется со скоростью  $V_n = V$ , а верхний, в силу нерастяжимости троса, приближается к крюку с такой же скоростью.



Тогда скорость верхнего груза относительно неподвижной СО найдем как сумму подвижного скоростей крюка и скорости груза относительно него:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_K + \vec{V}'_B.$$

Проецируя на ось, получаем:

$$V_B = V'_K + V_B = V + V = 4 \text{ м/с}.$$

- Опять перейдем в СО, связанную с крюком. Согласно предыдущим рассуждениям, поднимаясь со скоростью 8 м/с, верхний груз приближается к крюку со скоростью 6 м/с. Значит, нижний груз удаляется от крюка также со скоростью 6 м/с. Возвращаясь в неподвижную СО, находим, что нижний груз опускается со скоростью 4 м/с.
- Решение полностью аналогично п.1 для верхнего груза.

**Ответ:**

- 4 м/с;
- 4 м/с, вниз;
- 4 м/с, вверх.

## Физика. 10–11 классы

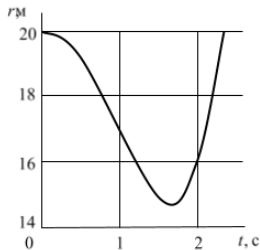
### Задача VI.1.3.1. Электронный дальномер ( баллов)

Темы: Кинематика равноускоренного движения.

**Условие**

В момент  $t = 0$  тело брошено горизонтально.

Под телом на одной вертикали с точкой его старта закреплен электронный дальномер, измеряющий расстояние  $r$  до тела в зависимости от времени  $t$ . График  $r(t)$  приведен на рисунке.



- В какой момент времени тело будет на одной высоте с дальномером?
- Чему равна начальная скорость тела?

Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Критерии оценивания**

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

**Решение**

1. По графику определяем начальную высоту тела над дальномером  $h = 20$  м и из формулы получаем ответ на первый вопрос:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2 \text{ с.}$$

2. По графику определяем расстояние  $r = 16$  м от дальномера до тела в момент  $t = 2$  с. Это расстояние равно горизонтальной дальности полета тела:

$$r = l = v_0 t.$$

Из этой формулы находим начальную скорость тела:

$$v_0 = \frac{l}{t} = 8 \text{ м.}$$

**Ответ:**

1. 2 с;
2. 8 м.

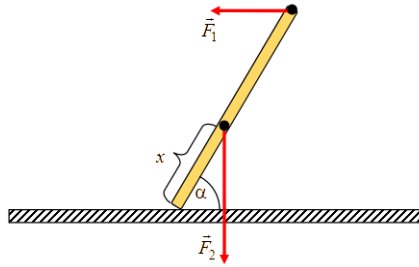
**Задача VI.1.3.2. Измерительный зонд (20 баллов)**

Темы: статика и динамика.

**Условие**

По кремниевой пластине с помощью манипулятора медленно перемещают зонд, прикладывая к нему горизонтальную  $F_1$  и вертикальную  $F_2$  силы, как показано на рисунке. Силой тяжести по сравнению с этими силами можно пренебречь. Зонд наклонен к пластине под углом  $\alpha = 60^\circ$ , его длина  $l = 1$  см, коэффициент трения скольжения между зондом и пластиной  $\mu = 0,2$ .

1. Определите отношение  $\frac{F_2}{F_1}$ .
2. На каком расстоянии  $x$  от точки контакта зонда с пластиной приложена вертикальная сила?



### Критерии оценивания

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

### Решение

1. При медленном перемещении зонда сумма действующих на него сил равна нулю. Поэтому:

$$F_1 - F_{\text{тр}} = 0,$$

$$N - F_2 = 0,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N,$$

где  $F_{\text{тр}}$  — сила трения скольжения,  $N$  — сила реакции опоры.

Из этих уравнений получим  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{\mu} = 5$ .

2. При медленном перемещении зонда сумма моментов действующих на него сил равна нулю относительно любой оси. Для горизонтальной оси, проходящей через точку контакта зонда с пластиной и перпендикулярной плоскости рисунка, получим:

$$F_1 l \sin \alpha - F_2 x \cos \alpha = 0.$$

Находим  $x = l \mu \operatorname{tg} \alpha \approx 0,35$  см.

**Ответ:**

1.  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{\mu} = 5$ ;
2.  $x = l \mu \operatorname{tg} \alpha \approx 0,35$  см.

### Задача VI.1.3.3. Шарик и машинка (20 баллов)

Темы: законы сохранения импульса и энергии в механике.

### Условие

На горизонтальном столе покоится игрушечная машинка. На нее вертикально падает шарик и сталкивается с поверхностью машинки. Угол падения шарика  $\alpha = 42^\circ$  (рис. VI.1.1). Сразу после удара скорость шарика направлена горизонтально. Во сколько раз масса машинки больше массы шарика? Трением пренебречь, движение поступательное, удар абсолютно упругий,  $\operatorname{tg} 42^\circ = 0,9$ .

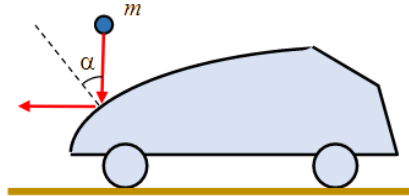


Рис. VI.1.1

### Критерии оценивания

1. 5 баллов — записан закон сохранения импульса (VI.1.3);
2. 5 баллов — записан закон сохранения энергии (VI.1.4);
3. 5 баллов — записано условие постоянства касательной составляющей импульса шарика (VI.1.5);
4. 5 баллов — решена система уравнений и получен правильный ответ.

### Решение

Обозначим:  $m$  — масса шарика,  $M$  — масса машинки,  $v_0$  — скорость шарика непосредственно перед ударом,  $v$  — его скорость сразу после удара,  $V$  — скорость машинки после удара. В горизонтальном направлении на систему «шарик-машинка» внешние силы не действуют, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось сохраняется:

$$mv - MV = 0. \quad (\text{VI.1.3})$$

При упругом ударе сохраняется также механическая энергия системы:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2}. \quad (\text{VI.1.4})$$

Так как нет трения, то при ударе не изменяется составляющая импульса шарика, касательная к поверхности машинки:

$$mv_0 \sin \alpha = mv \cos \alpha. \quad (\text{VI.1.5})$$

Из уравнений (VI.1.3), (VI.1.4), (VI.1.5) после преобразований получим ответ.

Ответ:

$$\frac{M}{m} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} \approx 4,3.$$

### Задача VI.1.3.4. Циклические процессы (20 баллов)

Темы: газовые законы, первый закон термодинамики.

#### Условие

Одноатомный идеальный газ в сосуде под поршнем совершает циклический процесс. Датчики фиксируют давление  $P$  газа и его температуру  $T$  в зависимости от времени  $t$ . Графики этих зависимостей приведены на рисунке VI.1.2.

1. Определите отношение максимального объема газа к минимальному в данном процессе.
2. Определите работу, совершенную над газом при его изобарном сжатии, если при изохорном нагреве к газу подведено  $Q = 300$  Дж теплоты.

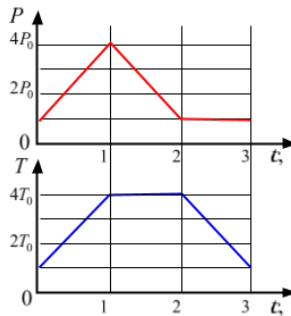


Рис. VI.1.2

#### Критерии оценивания

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

#### Решение

1. Из уравнения Менделеева – Клапейрона выразим объем газа

$$V = \nu R \frac{T}{P},$$

где  $\nu$  — число молей газа,  $R$  — универсальная газовая постоянная. При  $0 < t < 2$  с отношение  $\frac{T}{P}$  остается постоянным, следовательно, реализует изо-

хорный процесс. Из графиков видно, что при изохорном процессе объем минимальный, а максимум объема достигается при  $t = 2$  с:

$$V \left( \frac{T_0}{P_0} \right)_{\min}, V \left( \frac{4T_0}{P_0} \right)_{\max}, \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = 4.$$

2. В изохорном процессе

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (4T_0 - T_0).$$

Давление газа постоянно при  $2 \text{ с} < t < 3 \text{ с}$ . Работа внешней силы при изобарном сжатии:

$$A = P \Delta V = \nu R (4T_0 - T_0) = \frac{2}{3} Q = 200 \text{ Дж}.$$

**Ответ:**

1. 3;
2. 200 Дж.

### **Задача VI.1.3.5. Заряженные шарики (20 баллов)**

*Темы: электростатика, вектор напряженности, динамика.*

**Условие**

Два одинаковых маленьких заряженных шарика удерживают на гладкой горизонтальной поверхности. В некоторой точке  $A$  этой поверхности модуль вектора напряженности электрического поля заряженных шариков равен  $E = 1000 \text{ В/м}$ .

1. В точку  $A$  поместили точечный заряд  $q = 1 \text{ мкКл}$ . Определите модуль силы, действующей на него со стороны заряженных шариков.
2. Удерживая заряд  $q$  в точке  $A$ , шарики одновременно отпустили. Их ускорения в начале движения оказались взаимно перпендикулярными и равными по величине  $a_1 = 3 \text{ м/с}^2$  и  $a_2 = 4 \text{ м/с}^2$ . Определите массу шарика.

**Критерии оценивания**

1. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 1.
2. 10 баллов за правильный ответ на вопрос 2.

**Решение**

1. Из определения вектора напряженности электрического поля  $\vec{F} = q\vec{E}$ , следует

$$F = qE = 1 \text{ мН}.$$

2. В начальный момент, когда шарики только отпустили, их скорости равны нулю. Поскольку силы электрического взаимодействия неподвижных точечных

зарядов удовлетворяют третьему закону Ньютона, векторная сумма всех сил электрического взаимодействия зарядов равна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + q\vec{E} = 0,$$

где

$$\vec{F}_1 = m\vec{a}_1, \quad \vec{F}_2 = m\vec{a}_2 -$$

силы, действующие на первый второй шарики со стороны двух других зарядов (на рисунке VI.1.3 заряды шариков обозначены  $Q_1$  и  $Q_2$ , синими стрелками показаны силы взаимодействия зарядов).

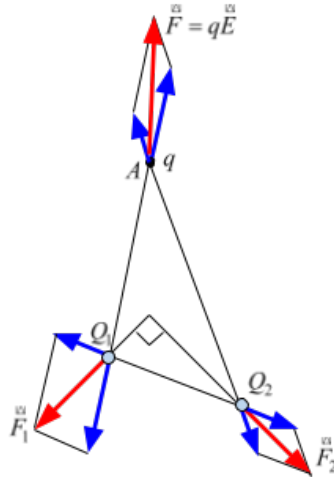


Рис. VI.1.3

Так как ускорения шариков взаимно перпендикулярны, то

$$(ma_1)^2 + (ma_2)^2 = (qE)^2,$$

$$m = \frac{qE}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} = 0,2 \text{ г.}$$

**Ответ:**

1.  $F = qE = 1 \text{ мН}$ ,
2.  $m = \frac{qE}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} = 0,2 \text{ г.}$

# Инженерный тур

## Общая информация

Реализация распределенной системы сбора и обработки аудиоинформации, получаемой с помощью микрофонов в разных частях зала филармонии.

## Легенда задачи

Симфонический оркестр — это большой коллектив музыкантов для исполнения академической музыки, преимущественно западноевропейской традиции. В отечественном музыковедении принято выделять два вида симфонического оркестра: большой и малый. Однако в этот ряд можно поставить также камерный и струнный оркестры. Их фундамент составляет группа смычковых струнных инструментов.

Для передачи всех особенностей звучания оркестра необходимо уделять особое внимание акустике специализированного помещения, как правило, зала филармонии. Одной из самых сложных и важнейших задач при проектировании таких залов является обеспечение заданных акустических свойств в каждом месте, где располагается слушатель. Эффекты искажения звука могут возникать вследствие отражения звуковой волны от различных конструкций или из-за архитектурных особенностей зала. Даже применение определенных материалов способно изменять амплитудно-частотную характеристику в каждой точке пространства помещения.

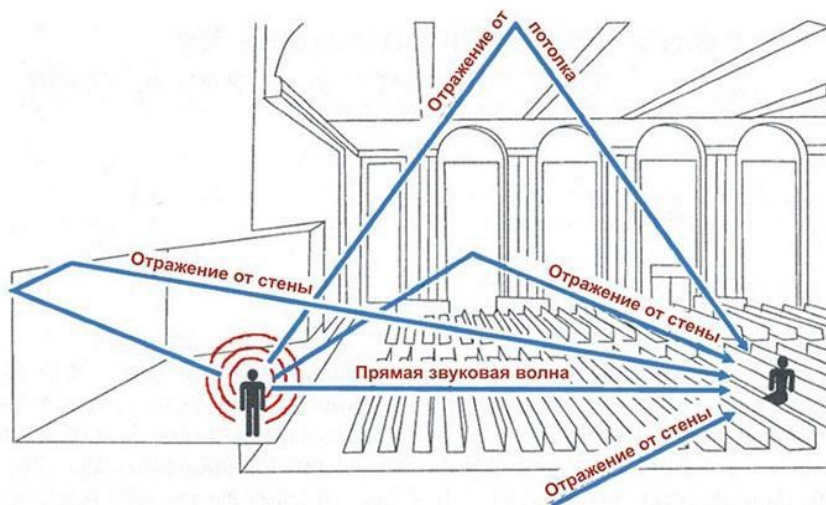


Рис. VI.2.1. Пример акустических эффектов в зале филармонии



К сожалению, не всегда можно добиться одинакового звучания в разных частях зала в силу конструктивных особенностей помещения. Проанализировав информацию не только о громкости звука, но и о его спектральных свойствах, можно более эффективно распределить места для гостей в зале и определить стоимость билетов. Подготовка к проведению особенных мероприятий, таких как выступление большого оркестра, может потребовать автономизации сбора и обработки аудиоданных.

## Требования к команде и компетенциям участников

Количество участников в команде: 4 человека.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды:

- электротехника;
- программирование микроконтроллеров;
- кодирование сигнала;
- алгоритмы;
- передача данных.

Роли, которые должны быть представлены в команде:

- сетевик;
- математик;
- электротехник;
- программист микроконтроллеров.

## Оборудование и программное обеспечение

Наименование	Описание
Arduino IDE/ESP IDF	ПО для программирования микроконтроллера (концентратора)
Python3	ПО для постобработки
Отладочная плата ESP-WROOM-32 DevKit v1 – 2 шт.	Реализация концентратора
Микрокомпьютер Raspberry Pi 3	Конечный компьютер для постобработки сигнала
Электретный микрофон	Реализация усилителя
ОУ LM358P	Реализация усилителя
Конденсатор: 1 мкФ (неполяр.)	Реализация усилителя
Резистор: 1 кОм	Реализация усилителя
Резистор: 10 кОм	Реализация усилителя
Резистор: 100 кОм	Реализация усилителя
Макетная плата беспаячная	Реализация усилителя
Макетная плата двухсторонняя для пайки	Реализация усилителя
Набор перемычек	Реализация усилителя
Набор (шлейф) проводов	Реализация усилителя
Опционально: набор резисторов 1 : 100 кОм	Реализация усилителя
Опционально: набор конденсаторов 1 : 10 мкФ	Реализация усилителя

Наименование	Описание
Опционально: МФ модуль MAX9814	Готовый микрофон для ситуации, когда участники не реализовали усилитель

## Описание задачи

### *Список оборудования, комплектующих и программного обеспечения*

Модуль	Число модулей	Компонент	Кол-во на модуль
Усилитель	2	Электретный микрофон	1
		ОУ LM358P	1
		Конденсатор: 1 мкФ (неполяр.)	2
		Резистор: 1 кОм	2
		Резистор: 10 кОм	2
		Резистор: 100 кОм	1
		Макетная плата беспаячная	1
		Макетная плата двухсторонняя для пайки	1
		Набор перемычек для макетки	2
		Набор (шлейф) проводов папа-папа	1
		Набор (шлейф) проводов папа-мама	1
		Набор (шлейф) проводов мама-мама	1
		Опционально: набор резисторов 1 : 100 кОм	1
Опционально: набор конденсаторов 1 : 10 мкФ	1		
Опционально: МФ модуль MAX9814	1		
Концентратор	2	ESP32	1
		Провод microUSB	1
Конечный компьютер	1	Raspberry Pi	1
		Блок питания 5 В не менее 27 Вт	1
		Провод microUSB	1

### *Техническое задание*

Вам предстоит спроектировать и разработать распределенную систему сбора и обработки аудиоинформации, которая собирает пакеты аудиоданных, получаемых с помощью микрофонов в разных частях зала филармонии. В качестве устройства получения звука используется электретный микрофон. Для проведения обработки аудиосигнала необходимо устройство, усиливающее электрический сигнал — усилитель звука, который вам предстоит собрать. Затем, собрав усилители для каждого микрофона, вам предстоит записывать звуковые сэмплы и объединять их в пакеты данных, которые следует передать на сервер.

На сервере должны происходить сбор и распаковка пакетов и дальнейшая постобработка аудиоданных:

- анализ полученных данных;

- вычисление амплитудного спектра полученного сигнала;
- вычисление среднего арифметического значения сигнала: медианное, минимальное и максимальное по всей выборке;
- оценка шума (в дБ).

Затем следует вывести данные: график амплитудного спектра, а также указанные значения в виде числовых показателей.

## *Рекомендации к выполнению*

### *Модуль «Усилитель звука»*

- Для получения максимального количества баллов за сборку усилителя звука усилитель можно выполнить на макетной плате, применив технологию пайки.
- В случае неуспешной пайки допустимо применить беспаячную макетную плату. В таком случае количество баллов будет снижено.
- Если вам не удалось собрать усилитель звука, можете воспользоваться готовым модулем звука. Количество баллов за усилитель учитываться не будет.

### *Модуль «Концентратор»*

- Рекомендуется использовать постоянную память микроконтроллера для кэширования данных.
- Рекомендуется разработать протокол передачи данных «поверх» TCP.

### *Модуль «Конечный компьютер» (этап постобработки)*

Для получения максимального балла следует обеспечить корректный вывод данных в соответствии с ТЗ:

- график амплитудного спектра;
- среднее арифметическое значение сигнала;
- медианное значение сигнала;
- минимальное и максимальное по всей выборке;
- оценка уровня шума (в дБ).

В случае невыполнения требований вывода баллы могут быть снижены в соответствии с невыполнением требований ТЗ.

Рекомендуется сконфигурировать точку доступа на микрокомпьютере. При разработке допускается использование доступной Wi-Fi сети.

Разработку рекомендуется вести с помощью системы контроля версий git.

## Этапы решения

### *Этап 1. Разработка усилителя*

Для передачи звукового сигнала на расстояние более нескольких сантиметров необходимо спроектировать и собрать усилитель сигнала. Схема усилителя также предполагает первичную фильтрацию сигнала. Результатом является схема и собранный усилитель или на беспаячной макетной плате, или спаянный.

Данный этап необходим для функционирования всей системы. В случае неудачной реализации участники могут воспользоваться готовым модулем микрофона МАХ9814. В этом случае баллы за критерии 1 и 2 команда не получает.

Для функционирования всей системы необходимо собрать два модуля усилителя микрофона.

### *Этап 2. Разработка программной части для концентраторов*

Для полного функционирования системы необходимо разработать программную часть для отладочных плат ESP32. Программная часть обрабатывает аналоговый сигнал от модуля усилителя микрофона и формирует цифровой сигнал для дальнейшей передачи на конечный компьютер.

При разработке могут возникнуть проблемы с калибровкой аналогового сигнала, поэтому для задания верных параметров следует изучить документацию. Также стоит учитывать разрядность АЦП, находящегося на отладочной плате ESP32.

Необходимо разработать протокол передачи оцифрованного сигнала от концентратора на конечный компьютер. В случае неудачной реализации протокола участники могут воспользоваться готовым протоколом, например HTTP.

Результатом станет возможность получения конечным компьютером оцифрованных данных для дальнейшего анализа.

Данный этап необходим для функционирования всей системы. В случае неудачной реализации участники не смогут продемонстрировать полную работу.

### *Этап 3. Разработка программной части для постобработки*

Для осуществления получения данных от концентраторов необходимо разработать программную часть для конечного компьютера. В роли конечного компьютера выступает микрокомпьютер Raspberry Pi. Это обеспечивает полную работу системы. Один из способов — это реализация TCP-сервера на языке программирования Python. Для корректного обмена данными необходимо разработать протокол, который работает поверх TCP.

В случае неудачной реализации протокола участники могут воспользоваться готовым протоколом, например, HTTP.

Для анализа оцифрованного сигнала, полученного от концентраторов, необходимо разработать программную часть на конечном компьютере. Данный этап необходим для функционирования всей системы. В случае неудачной реализации участники не смогут продемонстрировать полную работу.

## Система оценивания

Для оценки работоспособности устройства выполняется тестирование путем имитации различных условий звукозаписи. Основными критериями оценки результатов являются корректность определения амплитудного спектра аудиосигнала и показателей:

- среднее арифметическое значение сигнала;
- медианное значение сигнала, минимальное и максимальное по всей выборке.

При прочих равных результатах оценивается:

- сборка и работоспособность усилительного устройства;
- оценка шума при учете согласования с показаниями внешних измерительных устройств (смартфон с приложением измерения уровня шума);
- реализация протокола передачи оцифрованного сигнала;
- количество усилителей, выполненных на пачечной макетной плате.

№	Критерий	Макс. балл	Комментарий
1	Исполнение усилительного устройства	10	Если выполнено на безопасной макетной плате: 5 баллов, если не выполнено или применен готовый модуль: 0 баллов.
2	Работа усилительного устройства	20	10 баллов, если устройство работает некорректно (помехи, не позволяющие анализировать звук), 0 баллов, если не работает вовсе.
3	Оцифровка сигнала на концентраторе	10	5 баллов, если данные не хранятся в постоянной памяти ESP32.
4	Передача данных с концентратора на конечный компьютер	20	10 баллов, если не организован корректный прием на raspberry или корректная отправка с ESP32.
5	Реализация протокола передачи	5	0 баллов, если используется готовый протокол
6	Организация точки доступа на Raspberry pi	10	5 баллов, если воспользовались готовой точкой, например, на смартфоне.
7	Постобработка	25	По 5 баллов за критерий: <ul style="list-style-type: none"> <li>• график амплитудного спектра,</li> <li>• среднее арифметическое значение сигнала,</li> <li>• медианное значение сигнала,</li> <li>• минимальное и максимальное по всей выборке,</li> <li>• оценка уровня шума (в дБ).</li> </ul>
ИТОГО		100	

Решения сдаются путем демонстрации работоспособности системы.

## Решение задачи

### Код ESP32 (receiver)

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <string.h>
4  #include "freertos/FreeRTOS.h"
5  #include "freertos/task.h"
6  #include "soc/soc_caps.h"
7  #include "esp_log.h"
8  #include "esp_adc/adc_oneshot.h"
9  #include "esp_adc/adc_cali.h"
10 #include "esp_adc/adc_cali_scheme.h"
11 #include "esp_system.h"
12 #include "esp_spi_flash.h"
13 #include "esp_log.h"
14 #include "lwip/err.h"
15 #include "lwip/sys.h"
16 #include "esp_wifi.h"
17 #include "esp_netif.h"
18 #include <arpa/inet.h>
19 #include "nvs_flash.h"
20 #include <lwip/sockets.h>
21 #include <lwip/def.h>
22
23 const static char *TAG = "CLIENT";
24
25 /*-----
26          ADC General Macros
27 -----*/
28 //ADC1 Channels
29 // #if CONFIG_IDF_TARGET_ESP32
30 #define EXAMPLE_ADC1_CHAN0      ADC_CHANNEL_4
31 // #define EXAMPLE_ADC1_CHAN1      ADC_CHANNEL_5
32 // #else
33 // #define EXAMPLE_ADC1_CHAN0      ADC_CHANNEL_2
34 // #define EXAMPLE_ADC1_CHAN1      ADC_CHANNEL_3
35 // #endif
36
37 #if (SOC_ADC_PERIPH_NUM >= 2) && !CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C3
38 /**
39  * On ESP32C3, ADC2 is no longer supported, due to its HW limitation.
40  * Search for errata on espressif website for more details.
41  */
42 #define EXAMPLE_USE_ADC2      1
43 #endif
44
45 #if EXAMPLE_USE_ADC2
46 //ADC2 Channels
47 #if CONFIG_IDF_TARGET_ESP32
48 #define EXAMPLE_ADC2_CHAN0      ADC_CHANNEL_0
49 #else
50 #define EXAMPLE_ADC2_CHAN0      ADC_CHANNEL_0
51 #endif
52 #endif //if EXAMPLE_USE_ADC2
53
54 #define EXAMPLE_ADC_ATTEN      ADC_ATTEN_DB_12
55

```

```

56 static int adc_raw[2][10];
57 static bool example_adc_calibration_init(adc_unit_t unit, adc_channel_t channel,
    ↪ adc_atten_t atten, adc_cali_handle_t *out_handle);
58 static void example_adc_calibration_deinit(adc_cali_handle_t handle);
59
60 static int s_retry_num = 0;
61
62 /* FreeRTOS event group to signal when we are connected*/
63 static EventGroupHandle_t s_wifi_event_group;
64
65
66 #define EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID      "EvilFox"
67 #define EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS      "asdqwe123"
68 #define EXAMPLE_ESP_MAXIMUM_RETRY  666
69 #define ESP_WIFI_SCAN_AUTH_MODE_THRESHOLD WIFI_AUTH_WPA_PSK
70 #define WIFI_CONNECTED_BIT BIT0
71 #define WIFI_FAIL_BIT BIT1
72
73 #define HOST_IP_ADDR                "10.42.0.1"
74 #define PORT                        56401
75
76
77 uint8_t cache[110050];
78 uint8_t remapped_value;
79
80 uint8_t map(int OldValue, int OldMin, int OldMax, int NewMin, int NewMax) {
81     return (((OldValue - OldMin) * (NewMax - NewMin)) / (OldMax - OldMin)) +
    ↪ NewMin;
82 }
83
84 static void event_handler(void* arg, esp_event_base_t event_base,
    ↪ int32_t event_id, void* event_data)
85 {
86
87     if (event_base == WIFI_EVENT && event_id == WIFI_EVENT_STA_START) {
88         esp_wifi_connect();
89     } else if (event_base == WIFI_EVENT && event_id ==
    ↪ WIFI_EVENT_STA_DISCONNECTED) {
90         if (s_retry_num < EXAMPLE_ESP_MAXIMUM_RETRY) {
91             esp_wifi_connect();
92             s_retry_num++;
93             ESP_LOGI(TAG, "retry to connect to the AP");
94         } else {
95             xEventGroupSetBits(s_wifi_event_group, WIFI_FAIL_BIT);
96         }
97         ESP_LOGI(TAG, "connect to the AP fail");
98     } else if (event_base == IP_EVENT && event_id == IP_EVENT_STA_GOT_IP) {
99         ip_event_got_ip_t* event = (ip_event_got_ip_t*) event_data;
100         ESP_LOGI(TAG, "got ip:" IPSTR, IP2STR(&event->ip_info.ip));
101         s_retry_num = 0;
102         xEventGroupSetBits(s_wifi_event_group, WIFI_CONNECTED_BIT);
103     }
104 }
105
106 void wifi_init_sta(void)
107 {
108     s_wifi_event_group = xEventGroupCreate();
109
110     ESP_ERROR_CHECK(esp_netif_init());
111
112     ESP_ERROR_CHECK(esp_event_loop_create_default());

```

```

113     esp_netif_create_default_wifi_sta();
114
115     wifi_init_config_t cfg = WIFI_INIT_CONFIG_DEFAULT();
116     ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_init(&cfg));
117
118     esp_event_handler_instance_t instance_any_id;
119     esp_event_handler_instance_t instance_got_ip;
120     ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_instance_register(WIFI_EVENT,
121                                                         ESP_EVENT_ANY_ID,
122                                                         &event_handler,
123                                                         NULL,
124                                                         &instance_any_id));
125     ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_instance_register(IP_EVENT,
126                                                         IP_EVENT_STA_GOT_IP,
127                                                         &event_handler,
128                                                         NULL,
129                                                         &instance_got_ip));
130
131     wifi_config_t wifi_config = {
132         .sta = {
133             .ssid = EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID,
134             .password = EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS,
135             /* Authmode threshold resets to WPA2 as default if password matches
136              ↳ WPA2 standards (password len => 8).
137              * If you want to connect the device to deprecated WEP/WPA networks,
138              ↳ Please set the threshold value
139              * to WIFI_AUTH_WEP/WIFI_AUTH_WPA_PSK and set the password with length
140              ↳ and format matching to
141              * WIFI_AUTH_WEP/WIFI_AUTH_WPA_PSK standards.
142              */
143             .threshold.authmode = ESP_WIFI_SCAN_AUTH_MODE_THRESHOLD,
144             // .sae_pwe_h2e = ESP_WIFI_SAE_MODE,
145             // .sae_h2e_identifier = EXAMPLE_H2E_IDENTIFIER,
146         },
147     };
148     ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_mode(WIFI_MODE_STA) );
149     ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_config(WIFI_IF_STA, &wifi_config) );
150     ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_start() );
151
152     ESP_LOGI(TAG, "wifi_init_sta finished.");
153
154     /* Waiting until either the connection is established (WIFI_CONNECTED_BIT) or
155      ↳ connection failed for the maximum
156      * number of re-tries (WIFI_FAIL_BIT). The bits are set by event_handler() (see
157      ↳ above) */
158     EventBits_t bits = xEventGroupWaitBits(s_wifi_event_group,
159                                           WIFI_CONNECTED_BIT | WIFI_FAIL_BIT,
160                                           pdFALSE,
161                                           pdFALSE,
162                                           portMAX_DELAY);
163
164     /* xEventGroupWaitBits() returns the bits before the call returned, hence we
165      ↳ can test which event actually
166      * happened. */
167     if (bits & WIFI_CONNECTED_BIT) {
168         ESP_LOGI(TAG, "connected to ap SSID:%s password:%s",
169                 EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID, EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS);
170     } else if (bits & WIFI_FAIL_BIT) {
171         ESP_LOGI(TAG, "Failed to connect to SSID:%s, password:%s",
172                 EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID, EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS);
173     }

```



```

167     } else {
168         ESP_LOGE(TAG, "UNEXPECTED EVENT");
169     }
170 }
171
172 #include "esp_system.h"
173 #include "nvs_flash.h"
174 #include "esp_spi_flash.h"
175
176 #define STORAGE_NAMESPACE "storage"
177 #if CONFIG_IDF_TARGET_ESP32C3
178 #define BOOT_MODE_PIN GPIO_NUM_9
179 #else
180 #define BOOT_MODE_PIN GPIO_NUM_0
181 #endif
182
183 void send_data_task() {
184     //-----ADC1 Init-----//
185     adc_oneshot_unit_handle_t adc1_handle;
186     adc_oneshot_unit_init_cfg_t init_config1 = {
187         .unit_id = ADC_UNIT_1,
188     };
189     ESP_ERROR_CHECK(adc_oneshot_new_unit(&init_config1, &adc1_handle));
190     //-----ADC1 Config-----//
191     adc_oneshot_chan_cfg_t config = {
192         .bitwidth = ADC_BITWIDTH_DEFAULT,
193         .atten = EXAMPLE_ADC_ATTEN,
194     };
195     ESP_ERROR_CHECK(adc_oneshot_config_channel(adc1_handle, EXAMPLE_ADC1_CHAN0,
196         ↪ &config));
197     // ESP_ERROR_CHECK(adc_oneshot_config_channel(adc1_handle, EXAMPLE_ADC1_CHAN1,
198         ↪ &config));
199
200     //-----ADC1 Calibration Init-----//
201     adc_cali_handle_t adc1_cali_chan0_handle = NULL;
202     // adc_cali_handle_t adc1_cali_chan1_handle = NULL;
203     bool do_calibration1_chan0 = example_adc_calibration_init(ADC_UNIT_1,
204         ↪ EXAMPLE_ADC1_CHAN0, EXAMPLE_ADC_ATTEN, &adc1_cali_chan0_handle);
205     char host_ip[] = HOST_IP_ADDR;
206     int addr_family = 0;
207     int ip_protocol = 0;
208
209     struct sockaddr_in dest_addr;
210     inet_pton(AF_INET, host_ip, &dest_addr.sin_addr);
211     dest_addr.sin_family = AF_INET;
212     dest_addr.sin_port = htons(PORT);
213     addr_family = AF_INET;
214     int err;
215     int sock;
216     uint8_t rx_buffer[1];
217     while (1){
218         sock = socket(addr_family, SOCK_STREAM, ip_protocol);
219         if (sock < 0) {
220             ESP_LOGE(TAG, "Unable to create socket: errno %d", errno);
221             vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(1000));
222             continue;
223         }
224         err = connect(sock, (struct sockaddr *)&dest_addr, sizeof(dest_addr));
225         if (err != 0) {
226             ESP_LOGE(TAG, "Socket unable to connect: errno %d", errno);

```

```

224         vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(1000));
225         continue;
226     }
227     ESP_LOGI(TAG, "Successfully connected");
228     uint8_t echo = 1;
229     while (1) {
230         int len = recv(sock, rx_buffer, 1, 0);
231         if (len < 0) continue;
232         if (rx_buffer[0] == 1) {
233             ESP_LOGI(TAG, "Echo");
234
235             err = send(sock, &echo, 1, 0);
236             continue;
237         }
238         ESP_LOGE(TAG, "Started recording!");
239         for (int i = 0; i < 110050; i++) {
240             ESP_ERROR_CHECK(adc_oneshot_read(adc1_handle, EXAMPLE_ADC1_CHAN0,
241                 ↪ &adc_raw[0][0]));
242             adc_raw[0][0] &= 0x0FFF;
243             remapped_value = (uint8_t) map(adc_raw[0][0], 0, 4096, 0, 255);
244             cache[i] = remapped_value;
245         }
246         err = send(sock, cache, 110050, 0);
247         vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(10));
248     }
249     ESP_LOGE(TAG, "Dead.");
250 }
251 vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(10000));
252 shutdown(sock, 0);
253 close(sock);
254 ESP_ERROR_CHECK(adc_oneshot_del_unit(adc1_handle));
255 }
256
257 void app_main(void)
258 {
259     ESP_ERROR_CHECK(nvs_flash_erase());
260     esp_err_t err = nvs_flash_init();
261     if (err == ESP_ERR_NVS_NO_FREE_PAGES || err == ESP_ERR_NVS_NEW_VERSION_FOUND)
262         ↪ {
263         // NVS partition was truncated and needs to be erased
264         // Retry nvs_flash_init
265         ESP_ERROR_CHECK(nvs_flash_erase());
266         err = nvs_flash_init();
267     }
268     ESP_ERROR_CHECK( err );
269
270     ESP_LOGI(TAG, "ESP_WIFI_MODE_STA");
271     wifi_init_sta();
272     xTaskCreate(&send_data_task, "tcp_client", 8192, NULL, 2, NULL);
273 }
274
275 /*-----
276      ADC Calibration
277 -----*/
278 static bool example_adc_calibration_init(adc_unit_t unit, adc_channel_t channel,
279     ↪ adc_atten_t atten, adc_cali_handle_t *out_handle)
280 {
281     adc_cali_handle_t handle = NULL;

```

```

281     esp_err_t ret = ESP_FAIL;
282     bool calibrated = false;
283
284     #if ADC_CALI_SCHEME_LINE_FITTING_SUPPORTED
285     if (!calibrated) {
286         ESP_LOGI(TAG, "calibration scheme version is %s", "Line Fitting");
287         adc_cali_line_fitting_config_t cali_config = {
288             .unit_id = unit,
289             .atten = atten,
290             .bitwidth = ADC_BITWIDTH_DEFAULT,
291         };
292         ret = adc_cali_create_scheme_line_fitting(&cali_config, &handle);
293         if (ret == ESP_OK) {
294             calibrated = true;
295         }
296     }
297     #endif
298
299     *out_handle = handle;
300     if (ret == ESP_OK) {
301         ESP_LOGI(TAG, "Calibration Success");
302     } else if (ret == ESP_ERR_NOT_SUPPORTED || !calibrated) {
303         ESP_LOGW(TAG, "eFuse not burnt, skip software calibration");
304     } else {
305         ESP_LOGE(TAG, "Invalid arg or no memory");
306     }
307
308     return calibrated;
309 }
310
311 static void example_adc_calibration_deinit(adc_cali_handle_t handle)
312 {
313     #if ADC_CALI_SCHEME_CURVE_FITTING_SUPPORTED
314     ESP_LOGI(TAG, "deregister %s calibration scheme", "Curve Fitting");
315     ESP_ERROR_CHECK(adc_cali_delete_scheme_curve_fitting(handle));
316
317     #elif ADC_CALI_SCHEME_LINE_FITTING_SUPPORTED
318     ESP_LOGI(TAG, "deregister %s calibration scheme", "Line Fitting");
319     ESP_ERROR_CHECK(adc_cali_delete_scheme_line_fitting(handle));
320     #endif
321 }

```

## Постобработка (*main.py*)

```

1  import subprocess
2  from kivy.app import App
3  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
4  from kivy.uix.label import Label
5  from kivy.uix.button import Button
6  from kivy.uix.progressbar import ProgressBar
7  from kivy.clock import Clock
8
9  from conn import ZYFXConnection
10
11 class ZYFX_FE(App):
12     PORT_1 = 56400
13     PORT_2 = 56401
14
15     def __init__(self):

```

```

16     super(ZYFX_FE, self).__init__()
17     self.conns = [
18         ZYFXConnection(self.PORT_1),
19         ZYFXConnection(self.PORT_2)
20     ]
21     Clock.schedule_interval(self._on_process, 1)
22
23     def build(self):
24         box_layout = BoxLayout(orientation='vertical', padding=20)
25
26         mic_1_box = BoxLayout(orientation='vertical', padding=10)
27         label_1 = Label(text='Микрофон номер 1', pos_hint={"center_x": 0.5,
28             ↪ "center_y": 0.5}, height=50)
29         self.conn_state_1 = Label(text='Состояние подключения: ОТКЛ',
30             ↪ pos_hint={"center_x": 0.5, "center_y": 0.5}, height=40)
31         self.button_1 = Button(text='Получить данные', pos_hint={"center_x": 0.5,
32             ↪ "center_y": 0.5}, height=50, on_press=self.on_button_1_click)
33         self.analyze_1_b = Button(text='Анализ', pos_hint={"center_x": 0.5,
34             ↪ "center_y": 0.5}, height=50, on_press=self.analyze_1)
35         self.pb_1 = ProgressBar(max=1)
36
37         mic_2_box = BoxLayout(orientation='vertical', padding=10)
38         label_2 = Label(text='Микрофон номер 2', pos_hint={"center_x": 0.5,
39             ↪ "center_y": 0.5}, height=50)
40         self.conn_state_2 = Label(text='Состояние подключения: ОТКЛ',
41             ↪ pos_hint={"center_x": 0.5, "center_y": 0.5}, height=40)
42         self.button_2 = Button(text='Получить данные', pos_hint={"center_x": 0.5,
43             ↪ "center_y": 0.5}, height=50, on_press=self.on_button_2_click)
44         self.analyze_2_b = Button(text='Анализ', pos_hint={"center_x": 0.5,
45             ↪ "center_y": 0.5}, height=50, on_press=self.analyze_2, disabled = True)
46         self.pb_2 = ProgressBar(max=1)
47
48         mic_1_box.add_widget(label_1)
49         mic_1_box.add_widget(self.conn_state_1)
50         mic_1_box.add_widget(self.button_1)
51         mic_1_box.add_widget(self.analyze_1_b)
52         mic_1_box.add_widget(self.pb_1)
53
54         mic_2_box.add_widget(label_2)
55         mic_2_box.add_widget(self.conn_state_2)
56         mic_2_box.add_widget(self.button_2)
57         mic_2_box.add_widget(self.analyze_2_b)
58         mic_2_box.add_widget(self.pb_2)
59
60         box_layout.add_widget(mic_1_box)
61         box_layout.add_widget(mic_2_box)
62
63         return box_layout
64
65     def _on_process(self, dt):
66         self.pb_1.value = self.conns[0].get_progress()
67         self.conn_state_1.text = f'Состояние подключения: {"ВКЛ" if
68             ↪ self.conns[0].is_connected else "ОТКЛ"}'
69         self.pb_2.value = self.conns[1].get_progress()
70         self.analyze_1_b.disabled = self.conns[0].get_progress() != 1
71         self.analyze_2_b.disabled = self.conns[1].get_progress() != 1
72         self.conn_state_2.text = f'Состояние подключения: {"ВКЛ" if
73             ↪ self.conns[1].is_connected else "ОТКЛ"}'

```

```

66
67     def analyze_1(self, instance):
68         subprocess.Popen(['./env/bin/python', 'analyzer.py',
69             ↪ f"zyfx_on_{self.PORT_1}.bin"])
69
70     def analyze_2(self, instance):
71         subprocess.Popen(['./env/bin/python', 'analyzer.py',
72             ↪ f"zyfx_on_{self.PORT_2}.bin"])
72
73     def on_button_1_click(self, instance):
74         self.conns[0].start_get_data_process()
75
76     def on_button_2_click(self, instance):
77         self.conns[1].start_get_data_process()
78
79     ZYFX_FE().run()

```

## Постобработка (conn.py)

```

1  import socket
2  import threading
3  from time import sleep
4
5  class ZYFXConnection:
6      def __init__(self, port):
7          # TCP Socket
8          self.sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
9          self.sock.settimeout(3)
10         self.port = port
11         # Recording
12         self.bin_buf = bytearray()
13         self.mode = 1
14         self.data_len_seconds = 10
15         self.is_connected = False
16         # Threading
17         self.th = threading.Thread(target=self.main_loop)
18         self.th.start()
19
20     def start_get_data_process(self) -> None:
21         self.mode = 2
22
23     def get_progress(self) -> float:
24         return len(self.bin_buf) / (self.data_len_seconds // 5 * 110050)
25
26     def main_loop(self):
27         self.sock.bind(('', self.port))
28         while True:
29             self.sock.listen(1)
30             try:
31                 c, a = self.sock.accept()
32                 while True:
33                     try:
34                         self.is_connected = True
35                         if self.mode == 1:
36                             c.send(b'\x01')
37                             sleep(1)
38                             continue
39                         self.bin_buf = bytearray()
40                         for i in range(1,1+(self.data_len_seconds//5)):

```

```

41         c.send(b'\x02')
42         while len(self.bin_buf) < 110050 * i:
43             self.bin_buf += c.recv(1)
44     except Exception as e:
45         print(e)
46         break
47     with open(f"zyfx_on_{self.port}.bin", 'wb') as w:
48         w.write(self.bin_buf)
49     self.mode = 1
50 except TimeoutError:
51     pass
52 self.is_connected = False

```

## Постобработка (*analyzer.py*)

```

1  from kivy.app import App
2  from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
3  from kivy.uix.label import Label
4  import sys
5  import numpy as np
6  import subprocess
7  import statistics
8
9  path = sys.argv[1]
10
11 class Analyzer(App):
12
13     def __init__(self):
14         super(Analyzer, self).__init__()
15         subprocess.Popen(['./env/bin/python', 'matplotlib_graphs.py', path])
16
17     def build(self):
18         box_layout = BoxLayout(orientation='vertical', padding=20)
19
20         self.label_1 = Label(text='Микрофон номер 1', pos_hint={"center_x": 0.5,
21             ↳ "center_y": 0.5}, height=50)
22         buf = open(path, 'rb').read()
23         signal = np.frombuffer(buf, dtype=np.uint8)
24         median_value = np.median(signal)
25         mean_value = np.mean(signal)
26         min_value = np.min(signal)
27         max_value = np.max(signal)
28         noise_level_db = 20*np.log10(np.sqrt(np.mean(np.absolute(signal))))
29         self.label_1.text = f"{path}\nMean value: {round(mean_value, 2)}, \nMedian
30             ↳ value: {median_value}, \nMin value: {min_value}, \nMax value:
31             ↳ {max_value}, \nNoise level [dB]: {round(noise_level_db, 2)} "
32
33         box_layout.add_widget(self.label_1)
34
35     return box_layout
36
37 if __name__ == '__main__':
38     Analyzer().run()

```

## Постобработка (*matplotlib\_graphs.py*)

```
1 import numpy as np
2 from pylab import *
3 from scipy import *
4 import sys
5
6 def read_bin_file(filename):
7     f=open(filename, 'rb')
8     values = np.fromfile(f,dtype="uint8")
9     return values
10
11 def plotSpectrum(y,Fs):
12     n = len(y) # length of the signal
13     k = arange(n)
14     T = n/Fs
15     frq = k/T # two sides frequency range
16     frq = frq[range(n//2)] # one side frequency range
17
18     Y = np.fft.fft(y)/n # fft computing and normalization
19     Y = Y[range(n//2)]
20
21     plot(frq,abs(Y),'r') # plotting the spectrum
22     xlabel('Freq (Hz)')
23     ylabel('|Y(freq)|')
24
25 path = sys.argv[1]
26 Fs=22050.0
27 y = read_bin_file(path)
28 t = arange(0,len(y),1) # time vector
29
30 subplot(2,1,1)
31 plot(t,y)
32 xlabel('Time')
33 ylabel('Amplitude')
34 subplot(2,1,2)
35 plotSpectrum(y,Fs)
36 show()
```

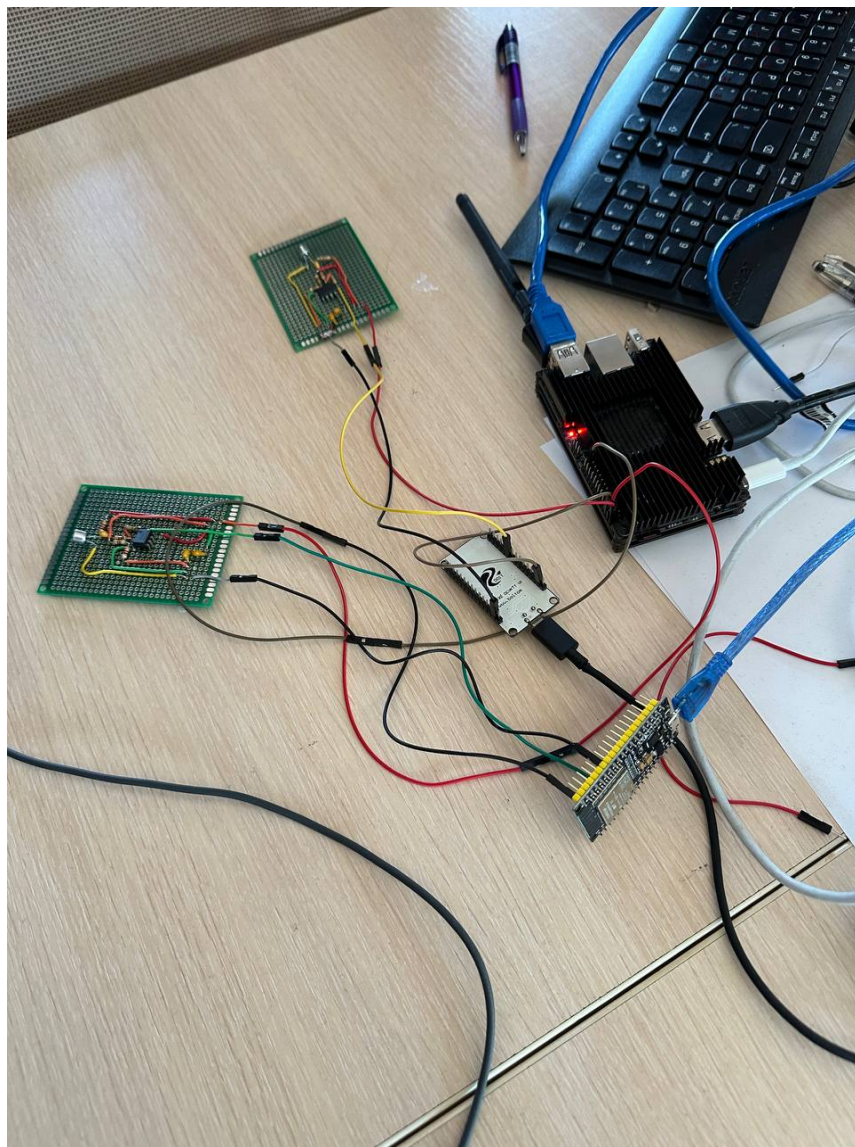
*Фото устройства*

Рис. VI.2.2. Собранный устройтво



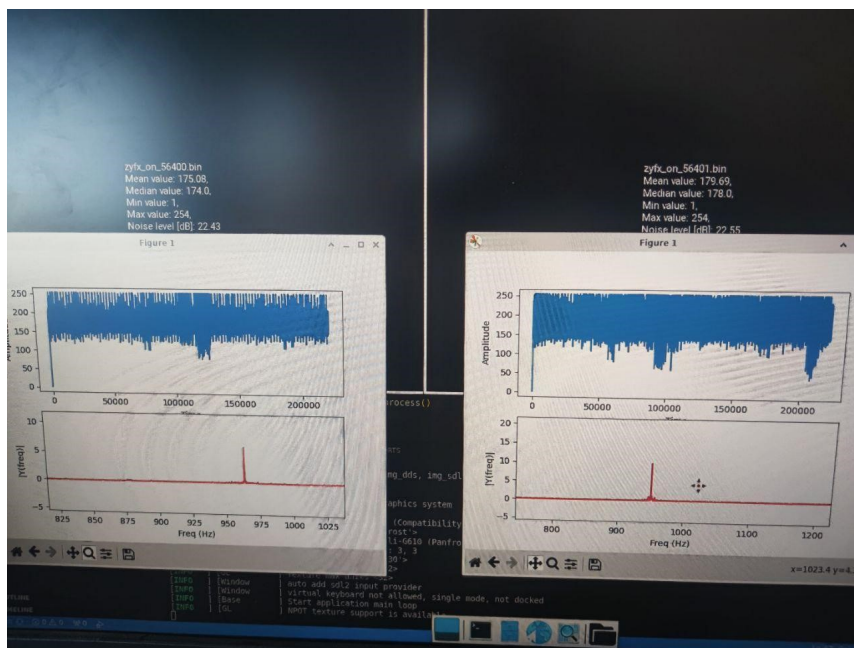


Рис. VI.2.3. Прием данных

## Материалы для подготовки

1. Умняшкин С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие. Изд. 5-е, , испр. и доп., М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. — 550 с.
2. Сайт Chipdip, информационный лист на прибор LM358P URL: <https://static.chipdip.ru/lib/632/DOC012632389.pdf> (дата обращения 28.03.2024).
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. — Изд. 2-е. — М.: Издательство БИНОМ, 2016. — 704 с.
4. Джонс М.Х. Электроника — практический курс. Изд. 3-е, , испр. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 512 с.
5. Сайт Espressif, информационный лист об API-функции АЦП для чипа ESP32 URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.4/esp32/api-reference/peripherals/adc.html> (дата обращения 28.03.2024).
6. Простыми словами о преобразовании Фурье/Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/196374/> (дата обращения 28.03.2024).
7. Спектральный анализ сигналов/Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/253447/> (дата обращения 28.03.2024).
8. Опенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов, изд. 3-е, испр. и доп. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. — 1048 с.
9. Дискретное преобразование Фурье/Электронная библиотека ИТМО URL: [https://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?tutindex=25&index=10&layer=1](https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?tutindex=25&index=10&layer=1) (дата

- 
- обращения 28.03.2024).
10. Преобразование Фурье/simenergy.ru URL: <http://simenergy.ru/mathematical-analysis/digital-processing/fourier-transform> (дата обращения 28.03.2024).
  11. Измерение уровня звука (шума) в децибелах с помощью Arduino и микрофона // Мир контроллеров URL: <https://mikrokontroller.ru/arduino-projects/izmerenie-urovnya-zvuka-shuma-v-deczibelah-s-pomoshhyu-arduino-i-mikrofona/> (дата обращения 28.03.2024).
  12. Сайт Espressif с документацией на TCP/IP: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-guides/lwip.html> (дата обращения 21.03.2024).
  13. Настройка локальной Wi-Fi точки доступа в Linux: [https://www.opennet.ru/tips/3080\\_wifi\\_ap\\_wpa\\_wlan\\_linux\\_hostapd\\_dnsmasq.shtml](https://www.opennet.ru/tips/3080_wifi_ap_wpa_wlan_linux_hostapd_dnsmasq.shtml) (дата обращения 23.03.2024).
  14. Socket — Low-level networking interface <https://docs.python.org/3/library/socket.html> (дата обращения 23.03.2024).

# Критерии определения победителей и призеров

## Первый отборочный этап

В первом отборочном этапе участники решали задачи предметного тура по двум предметам: физике и информатике 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 не менее 60 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 127 баллов, независимо от уровня.

## Заключительный этап

### *Индивидуальный предметный тур*

- физика — максимально возможный балл за все задачи — 100 баллов;
- информатика — максимально возможный балл за все задачи — 100 баллов.

### *Командный инженерный тур*

Команды заключительного этапа получали за командный инженерный тур от 0 до 100 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 предметам (физика, информатика) с весом  $K_1 = 0,2$  каждый предмет и баллы за командное решение задач инженерного тура с весом  $K_2 = 0,6$ .

Итоговый балл определяется по формуле:

$$S = K_1 \cdot (S_1 + S_2) + K_2 \cdot S_3,$$

где  $S_1$  — балл первой части заключительного этапа по физике (предметный тур) в стобальной системе ( $S_{1 \text{ макс}} = 100$ );

$S_2$  — балл первой части заключительного этапа по информатике (предметный тур) в стобальной системе ( $S_{2 \text{ макс}} = 100$ );

$S_3$  — итоговый балл инженерного командного тура в стобальной системе ( $S_{3 \text{ макс}} = 100$ ).

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 3 победителя и 9 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)***

<b>Категория</b>	<b>Количество баллов</b>
Победители	75,00 и выше
Призеры	От 54,40 до 67,20

# 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.

Важная задача наставника — превратить неудачу в инструмент будущего успеха. Для этого необходимо вместе с учениками наметить план развития компетенций и подготовки к будущему сезону Олимпиады. 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 (P2P). Такие опросники 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.

Еще одним направлением работы наставника после НТО может стать создание кружка по направлению профилей или по формированию необходимых компетенций: программирование, электроника, робототехника, 3D-моделирование и т. п. Формат подобного кружка может быть различным: короткие модули, дополнительные курсы, факультативы, группы дополнительного образования. Для создания кружков можно воспользоваться образовательными программами, опубликованными на сайте НТО: <https://ntcontest.ru/mentors/education-programs/>.



Важным фактором успешного участия в следующих сезонах НТО может стать поддержка родителей учеников. Знакомство с родителями помогает наставнику продемонстрировать им 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».