



НТО

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

Всероссийской междисциплинарной олимпиады школьников
«Национальная технологическая олимпиада»

по профилю
«Инфохимия»

2023/24 учебный год

<http://ntcontest.ru>

УДК 373.5.016:[54:004]

ББК 74.262.4

И74

Авторы:

Т.А. Алиев, М.В. Бабушкин, Д.В. Байгозин, А.А. Балдина, Н.В. Ведерников, Р.П. Головинский, Е.А. Ештукова-Щеглова, О.Ю. Заборская, Т.А. Маннанов, Е.В. Милованович, А.А. Муравьев, Е.Е. Катунина, Е.Е. Клейман, К.Д. Кириченко, О.Е. Самсонова, Н.А. Серебрянская, Е.В. Скорб, С.А. Уласевич, Д.А. Чистяков, Т.С. Юрова

И74 Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8-11 класса
«Национальная технологическая олимпиада». Учебно-методическое пособие
Том 29 **Инфохимия**
—М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. —216 с.

ISBN 978-5-00147-619-1

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:

09.00.00 Информатика и вычислительная техника

18.03.01 Химическая технология

04.03.01 Химия

ISBN 978-5-00147-619-1

УДК 373.5.016:[54:004]

ББК 74.262.4



9 785001 476191 >

Оглавление

| | |
|--|------------|
| 1 Введение | 5 |
| 2 Инфохимия | 17 |
| I Работа наставника НТО на первом отборочном этапе | 19 |
| II Первый отборочный этап | 20 |
| II.1 Предметный тур. Информатика и программирование | 20 |
| II.1.1 Первая волна. Задачи 8–11 класса | 20 |
| II.1.2 Вторая волна. Задачи 8–11 класса | 31 |
| II.1.3 Третья волна. Задачи 8–11 класса | 41 |
| II.2 Предметный тур. Математика | 51 |
| II.2.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса | 51 |
| II.2.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса | 55 |
| II.2.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса | 62 |
| II.2.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса | 67 |
| II.2.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса | 73 |
| II.2.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса | 78 |
| II.3 Предметный тур. Химия | 84 |
| II.3.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса | 84 |
| II.3.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса | 93 |
| II.3.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса | 103 |
| II.3.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса | 112 |
| II.3.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса | 122 |
| II.3.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса | 131 |
| II.4 Инженерный тур | 143 |
| III Работа наставника НТО на втором | |

| | |
|---|------------|
| отборочном этапе | 155 |
| IV Второй отборочный этап | 156 |
| IV.1 Индивидуальные задачи | 156 |
| IV.2 Командные задачи | 161 |
| V Работа наставника НТО при подготовке к заключительному этапу | 165 |
| VI Заключительный этап | 166 |
| VI.1 Предметный тур | 166 |
| VI.1.1 Информатика и программирование. 8–11 классы | 166 |
| VI.1.2 Химия. 8–9 классы | 177 |
| VI.1.3 Химия. 10–11 классы | 183 |
| VI.2 Инженерный тур | 192 |
| VI.2.1 Общая информация | 192 |
| VI.2.2 Легенда задачи | 192 |
| VI.2.3 Требования к команде и компетенциям участников | 192 |
| VI.2.4 Оборудование и программное обеспечение | 193 |
| VI.2.5 Описание задачи | 193 |
| VI.2.6 Система оценивания | 210 |
| VI.2.7 Материалы для подготовки | 211 |
| VII Критерии определения победителей и призеров | 212 |
| VIII Работа наставника после НТО | 214 |

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>.



Инфохимия

Инфохимия — это наука, которая изучает процессы химических превращений и взаимодействий в контексте информационных технологий и компьютерных систем. В современном мире инфохимия играет важную роль на рынке производства, обеспечивая эффективность и оптимизацию процессов, повышение качества продукции и безопасность рабочей среды.

Профиль «Инфохимия» посвящен получению, обработке информации, полученной из химических систем для предсказания их свойств, на основе применения алгоритмов машинного обучения.

Одной из ключевых областей применения инфохимии на рынке производства является процесс автоматизации и управления химическими процессами. Использование информационных технологий позволяет контролировать и роботизировать процессы синтеза химических веществ, что приводит к повышению эффективности и уменьшению затрат на производствах. Благодаря инфохимии возможно создание автоматизированных систем управления на основе искусственного интеллекта, которые позволяют контролировать и регулировать анализ сложных химических смесей, обеспечивая стабильное качество продуктов.

На первом этапе в рамках предметного тура участникам нужно было решить задачи по математике, информатике, химии, а также освоить образовательный блок для получения или подтверждения основных требуемых компетенций. В рамках инженерного тура участники выполняли индивидуально задания профиля, связанные со следующими инженерными компетенциями: программирование на Python, знание основ линейной алгебры и математического анализа, знание основ машинного обучения и компьютерного зрения, знание основ материаловедения и физико-химических методов исследования. Знание основ органической и неорганической химии, аналитической химии, электрохимии.

Целью второго этапа является погружение в профиль инфохимии и знакомство с прикладными задачами данной области. Основные тематики заданий во втором этапе: системные химические задачи, физическая химия, теоретические расчеты DFT, условия органического синтеза и расшифровка спектров, инфохимия и самоорганизация молекул, предсказание свойств материалов.

Участники олимпиады были разделены на команды, каждой команде был предоставлен кейс, который необходимо было решить в поставленные сроки.

Заключительный этап состоял из индивидуального предметного тура по химии и информатике, а также инженерного тура, где была организована работа в командах над комплексной инженерной задачей по инфохимии. Задача представляет из себя комплексную задачу по химии, математике и программированию, и связана с созданием модели для предсказания свойства системы.

Участники олимпиады вовлекались в решение технологической проблемы и задачи заключительного этапа через различные мероприятия НТО. Был разработан адаптационный онлайн-курс для подготовки к олимпиаде. В рамках курса освещаются следующие темы: введение в инфохимию, основы машинного обучения, физико-химические методы исследования. Курс состоит из лекций и практических занятий,

состоящих из набора задач и тестов. Также был организован хакатон «Методы машинного обучения» в университете ИТМО НОЦ инфохимии и онлайн вебинары по тематикам олимпиады. Для продвижения НТО были проведены дни открытых дверей для школьников, информация о проведении олимпиады и о начале регистрации на отборочный этап была освещена на сайте НОЦ инфохимии и в социальных сетях.

Участники профиля «Инфохимия» НТО, ученики 8–11 классов, за время участия в олимпиаде приобретают множество компетенций и знаний, которые смогут применить для участия в других технологических олимпиадах, инженерных проектах и конкурсах, а также для поступления в профильные вузы.

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 программирование

Первая волна. Задачи 8–11 класса

Задача II.1.1.1. Поздравление в конверте (10 баллов)

Темы: задачи для начинающих.

Условие

Алиса хочет поздравить Боба с днем рождения. Она взяла прямоугольный лист бумаги размера $a \times b$ и написала на нем поздравление в стихах. У Алисы есть красивый конверт тоже прямоугольной формы размером u на v . Алиса хочет положить свое поздравление в этот конверт. Однако лист может не войти в конверт. В этом случае Алиса готова сложить лист пополам вдоль одной из сторон, чтобы поместить его в конверт. Обратите внимание, что Алиса может сделать не более одного сгиба. Лист можно поворачивать, но одна из сторон листа должна быть параллельной одной из сторон конверта.

Напишите программу, которая определит, сможет ли Алиса уложить лист в конверт по указанным правилам.

Мы будем считать, что лист входит в конверт, если сторона листа будет строго меньше соответствующей стороны конверта.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается два натуральных числа a и b — длины сторон листа. Во второй строке на вход подаются натуральные числа u и v — размеры конверта. Все числа не превосходят 1000.

В языке Python прочитать два целых числа, записанных в одной строке можно, используя следующий код.

```
a, b = map(int, input().split())
```

Формат выходных данных

Если поздравление можно вложить в конверт без сгиба, то следует вывести число 0. Иначе, если поздравление можно вложить в конверт сделав один сгиб, то следует вывести число 1. В остальных случаях следует вывести число -1 .

Методика проверки

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

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 120 200 130 250 |
| Стандартный вывод |
| 0 |

Пример №2

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 120 200 110 130 |
| Стандартный вывод |
| 1 |

Пример №3

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 400 100 200 150 |
| Стандартный вывод |
| -1 |

Решение

В этой задаче требуется аккуратно написать требуемые по условию логические выражения. Их запись существенно упростится, если упорядочить длины так, чтобы всегда имел место инвариант $a \leq b$ и $u \leq v$.

Тогда для проверки возможности вложения листа в конверт меньшую сторону листа следует всегда сравнивать с меньшей стороной конверта.

Для проверки возможности вложения листа в конверт после сгиба надо поочередно поделить меньшую и большую сторону на два и использовать такую же проверку. Следует не забыть, что после деления длины большей стороны на два, она может стать меньше, чем меньшая сторона.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 a, b = sorted(list(map(int, input().split())))
2 u, v = sorted(list(map(int, input().split())))
3 if a<u and b<v:
4     print(0)
5 elif a/2<u and b<v or a<u and b/2<v or b/2<u and a<v:
6     print(1)
7 else:
8     print(-1)

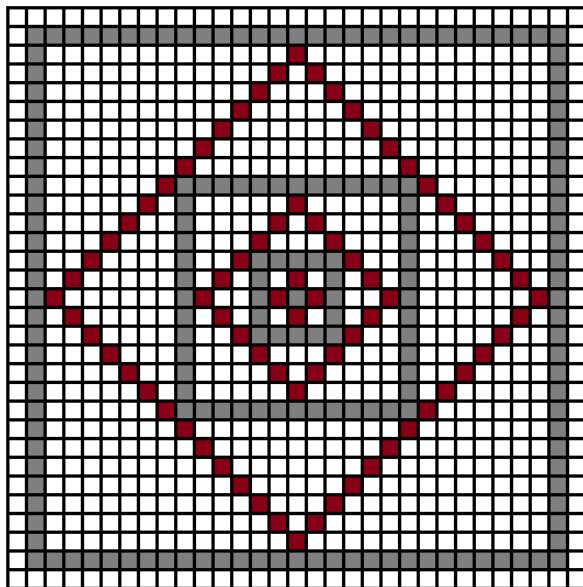
```

Задача II.1.1.2. Квадраты (15 баллов)

Темы: задачи для начинающих, комбинаторика.

Условие

У Алисы и Боба есть прямоугольный лист бумаги в клеточку. Они по очереди рисуют квадраты, закрашивая некоторые из клеточек. Алиса рисует квадраты, ориентируя их вдоль сторон листа, а Боб — под углом в 45° . При этом Алиса рисует первый квадрат из одной клеточки, а каждый новый квадрат описывается вокруг предыдущего. Для лучшего понимания смотрите рисунок. Серым цветом на нем нарисовано четыре квадрата Алисы, а коричневым нарисовано три квадрата Боба. Всего семь квадратов.



Алиса и Боб вместе нарисовали n квадратов. Напишите программу, которая определит, сколько клеточек на листе бумаги будет закрашено.

Формат входных данных

На вход подается единственное натуральное число n — количество квадратов, $1 \leq n \leq 100$.

Формат выходных данных

Выведите одно натуральное число — суммарное количество закрашенных клеточек.

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

Примеры*Пример №1*

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 7 |
| Стандартный вывод |
| 253 |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 2 |
| Стандартный вывод |
| 5 |

Решение

Заметим, что по условию задачи количество квадратов не превышает 100, поэтому посчитаем, из скольких клеточек состоит каждый квадрат, и просуммируем полученные значения в цикле.

Обратим внимание на количество клеточек на стороне квадрата. Легко заметить и доказать, что если предыдущий квадрат был серый, и его сторона содержала k клеточек, то сторона следующего за ним коричневого квадрата будет содержать $k + 1$ клеточку. Если же предыдущий квадрат был коричневым, и его сторона содержала k клеточек, то сторона следующего серого квадрата будет содержать $2k + 1$ клеточку.

В приведенной ниже программе в переменной `ln` хранится количество клеточек, из которых состоит одна сторона текущего квадрата. В переменной `ans` накапливается сумма.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  n = int(input())
2  ans = 1
3  ln = 1
4  for i in range(n):
5      ans += (ln - 1) * 4
6      if i%2==0:
7          ln += 1
8      else:
9          ln = 2 * ln + 1
10 print(ans)

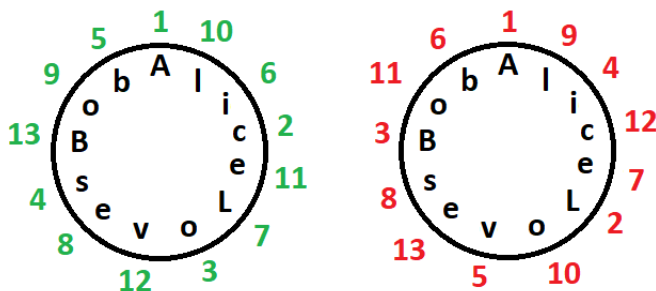
```

Задача II.1.1.3. Две строки (15 баллов)

Темы: строки, структуры данных.

Условие

У Алисы и Боба есть секретная информация, которая записана в виде строки s . Чтобы сохранить секрет Алиса сделала перестановку символов в строке по следующему правилу. Она записала все символы строки по кругу, потом записала в ответ первый символ и далее стала выписывать символы из кольца через два.



Рассмотрим пример. Пусть секретная строка — *AliceLovesBob*. Алиса запишет эту строку, как показано на рисунке. Далее она выпишет первую букву строки A , пропустит два следующих символа, напишет букву s , пропустит еще два символа, напишет букву o и так далее по кругу. В результате у нее будет записана строка *AcosbiLeolevB*. Номера на рисунке слева соответствуют последовательности перечисления букв Алисой.

Боб шифрует эту же строку таким же алгоритмом, однако, в отличие от Алисы, он пропускает по четыре буквы, а не по две. Номера на рисунке справа соответствуют последовательности перечисления букв Бобом. Таким образом Боб получит строку *ALBivbeslooce*.

Боб был небрежен и потерял зашифрованную строку, однако у него есть строка, зашифрованная Алисой. Напишите программу, которая по зашифрованной строке Алисы найдет зашифрованную строку Боба.

Формат входных данных

На вход подается одна непустая строка — шифр Алисы. Строка состоит только из строчных и заглавных символов латиницы. Длина строки не превосходит 1000 и не кратна трем и пяти.

Формат выходных данных

Выведите одну строку — шифр Боба.

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тест из условия задачи при проверке не используется.

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| AcosbiLeolevB |
| Стандартный вывод |
| ALBivbeslooce |

Решение

Решение задачи состоит из двух частей. В первой части требуется восстановить исходную строку по коду Алисы. Для этого можно сделать список из символов нужной длины и каждый i -тый символ из кодовой строки записывать в позицию $3i \bmod n$, где n — длина строки. Операция взятия остатка от деления здесь используется для движения по кольцу.

Во второй части при помощи аналогичного приема полученная строка кодируется по обратной формуле с множителем 5.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 s = input()
2 n = len(s)
3 tmp = [''] * n
4 ans = ''
5 for i in range(n):
6     tmp[(i * 3) % n] = s[i]
7 for i in range(n):
8     ans += tmp[(i * 5) % n]
9 print(ans)

```

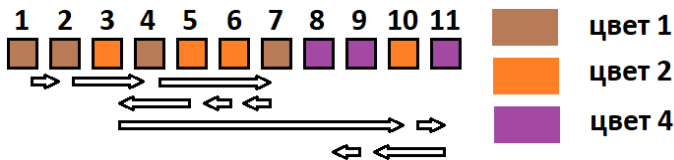
Задача П.1.1.4. Покраска кубиков (30 баллов)

Темы: реализация, сортировки, структуры данных, динамическое программирование, комбинаторика.

Условие

На ленте в один ряд расставлено n кубиков. Каждый кубик необходимо покрасить в определенный цвет. Все цвета пронумерованы числами от 1 до k . Покраска выполняется роботом, который может перемещаться от одного кубика к другому и красить один выбранный кубик в определенный цвет. Конструктивно робот устроен так, что он может сначала красить кубики в цвет номер 1, затем в цвет номер 2 и так далее в порядке возрастания. Вернуться к цвету с меньшим номером после того, как был выбран цвет с большим номером, нельзя.

Среди всего прочего робот тратит время на перемещение между кубиками. Будем считать, что перемещение между двумя соседними кубиками занимает ровно одну с. Требуется составить последовательность действий для робота, в которой время, затраченное на перемещение между кубиками, будет минимально возможным.



Рассмотрим пример на схеме. Имеется 11 кубиков, которые надо покрасить в три цвета с номерами 1, 2, 4. Робот начнет движение от кубика номер 1 направо к кубику номер 2 (1 с), далее к кубику с номером 4 (2 с), и наконец к кубику номер 7 (3 с). После этого робот меняет цвет. Будет выгоднее, если робот начнет сначала двигаться влево. Он пройдет к кубику номер 6 (1 с), далее к кубику номер 5 (1 с), далее к кубику номер 3 (2 с). После этого он развернется и пойдет к кубику номер 10 (7 с). Далее робот сменит цвет на 4, так как нет кубиков, которые требуется красить в цвет 3, и пойдет направо к кубику номер 11 (1 с). После этого он развернется и пойдет к кубику номер 9 (2 с) и наконец к кубику номер 8 (1 с). В этот момент робот остановит работу, затратив на перемещения суммарно 21 с.

Обратите внимание, что по условию задачи робот может выбрать цвет 4 только после цвета 2. Существуют другие возможные маршруты движения робота, но они займут больше времени.

Напишите программу, которая найдет минимально возможное суммарное время перемещения робота между кубиками до момента пока все они не будут покрашены. Изначально робот находится у кубика номер 1.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается два натуральных числа n и k — количество кубиков и количество цветов, $1 \leq n, k \leq 100000$. Во второй строке на вход подается n натуральных чисел c_1, c_2, \dots, c_n , где c_i — требуемый цвет i -того кубика, $1 \leq c_i \leq k$.

Формат выходных данных

Выведите одно число — минимально возможное время перемещения между кубиками.

Методика проверки

Программа проверяется на 60-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла. Тест из условия задачи при проверке не используется. Ниже в таблице приведены возможные тестовые случаи.

| Тестовый случай | Номера тестов |
|--|---------------|
| $n = k; n \leq 1000$; все c_i различны. | 1–8 |
| $n = k; n \leq 100000$; все c_i различны. | 9–20 |
| $k = 3; n \leq 1000$ | 21–24 |
| $k = 4; n \leq 1000$ | 25–30 |
| $k = 5; n \leq 1000$ | 31–40 |
| $n \leq 1000$ | 41–50 |
| $n \leq 100000$ | 51–60 |

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 11 4 |
| 1 1 2 1 2 2 1 4 4 2 4 |
| Стандартный вывод |
| 21 |

Решение

Данная задача может быть решена методом динамического программирования. Пусть, начиная покраску кубиков в цвет i , робот находится в некоторой точке x_i , причем самый левый из кубиков этого цвета находится в точке l_i , а самый правый — в r_i . Тогда оптимальным будет один из двух вариантов: из точки x_i пойти в r_i , а потом в l_i или сначала пойти в l_i , а потом в r_i . Таким образом, робот закончит покраску кубиков определенного цвета либо в точке l_i , либо в r_i , причем в первом случае время перемещения робота увеличится на $|x_i - r_i| + r_i - l_i$ с, а во втором — на $|x_i - l_i| + r_i - l_i$ с.

Обозначим за $f_l(i)$ и $f_r(i)$ — оптимальное время покраски кубиков в первые i цветов при условии, что робот остановится в точке l_i и r_i соответственно. Тогда можно определить следующие формулы:

$$\begin{aligned}
 f_l(0) &= 0; \\
 f_r(0) &= 0; \\
 f_l(i) &= r_i - l_i + \min(f_l(i-1) + |l_{i-1} - r_i|, f_r(i-1) + |r_{i-1} - r_i|); \\
 f_r(i) &= r_i - l_i + \min(f_l(i-1) + |l_{i-1} - l_i|, f_r(i-1) + |r_{i-1} - l_i|).
 \end{aligned}$$

В данных формулах находится время для двух вариантов перемещения: от самого левого и от самого правого кубика предыдущего цвета, после чего из полученных значений выбирается минимальное.

Программа будет содержать два цикла. В первом цикле для каждого цвета определяется местоположение самого левого и самого правого кубика, а во втором — выполняются вычисления по формулам.

При реализации программы надо учесть, что некоторые цвета могут отсутствовать. Поэтому в переменные `l` и `r` записываются координаты самого левого и правого кубика для предыдущего цвета.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n, k = map(int, input().split())
2 left = [n + 1] * (k + 1)
3 right = [0] * (k + 1)
4 i = 1
5 for col in map(int, input().split()):
6     left[col] = min(left[col], i)
7     right[col] = max(right[col], i)
8     i += 1
9 l, r, fl, fr = 1, 1, 0, 0
10 for i in range(1, k + 1):
11     if right[i] > 0:
12         dist = right[i] - left[i]
13         tl = dist + min(fl + abs(l - right[i]),
14                       fr + abs(r - right[i]))
15         tr = dist + min(fl + abs(l - left[i]),
16                       fr + abs(r - left[i]))
17         l, r, fl, fr = left[i], right[i], tl, tr
18 print(min(fl, fr))

```

Задача II.1.1.5. Обработка запросов (30 баллов)

Темы: реализация, структуры данных, два указателя, двоичный поиск.

Условие

Алиса проектирует вычислительную систему, предназначенную для обработки большого числа однотипных запросов. Проектируемая система будет содержать некоторое количество одинаковых процессоров. В каждый момент времени каждый процессор может быть либо свободен, либо занят обработкой ровно одного запроса. Продолжительность обработки является одинаковой для всех запросов и составляет s мс. Система должна работать в режиме реального времени, то есть каждый поступивший запрос должен незамедлительно передаваться на обработку любому свободному процессору.

Алиса хочет понять, сколько процессоров должна содержать вычислительная система. Для этого она собрала статистические данные о работе подобных систем в прошлом. Каждый набор данных содержит n чисел t_1, t_2, \dots, t_n , где t_i — момент

поступления запроса с номером i . Числа в наборе могут повторяться, однако они упорядочены по неубыванию. Если некоторый процессор приступил к обработке некоторого запроса в момент t_i , то в момент $t_i + s$ он сможет начать обрабатывать новый запрос.

Набор может содержать достаточно большой объем данных, поэтому от вас требуется написать программу, которая определит, какое минимальное число процессоров должно быть в вычислительной системе, чтобы все запросы были обработаны в момент их поступления.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается два натуральных числа n и s — количество запросов и время обработки одного запроса, $1 \leq n \leq 200000$, $1 \leq s \leq 10^9$. Во второй строке записаны целые неотрицательные числа t_1, t_2, \dots, t_n , задающие моменты времени поступления запросов, $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq 10^9$.

Формат выходных данных

Вывести одно число — минимальное количество процессоров, которое позволит обработать все запросы в момент их поступления.

Методика проверки

Программа проверяется на 30-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тесты из условия задачи при проверке не используются. Ниже в таблице приведены возможные тестовые случаи.

| Тестовый случай | Номера тестов |
|---|---------------|
| $n \leq 1000$; для всех t_i выполняется одно из двух условий: либо $t_i = t_{i+1}$, либо $t_i + s \leq t_{i+1}$. | 1–5 |
| $n \leq 1000$ | 6–15 |
| $n \leq 200000$ | 16–30 |

Примеры

Пример №1

| |
|----------------------------------|
| Стандартный ввод |
| 9 30 |
| 90 90 90 120 120 120 120 200 200 |
| Стандартный вывод |
| 4 |

Пример №2

| |
|--------------------------------------|
| Стандартный ввод |
| 10 30 |
| 0 25 110 125 125 130 140 140 140 155 |
| Стандартный вывод |
| 6 |

Пояснения к примерам

Первый пример соответствует первому тестовому случаю. В момент времени 120 приходит сразу четыре запроса, для обработки которых потребуется четыре процессора.

Расписание выполнения запросов во втором примере можно представить в следующей таблице.

| Время поступления запроса | Время завершения обработки запроса | Номер процессора |
|---------------------------|------------------------------------|------------------|
| 0 | 30 | 1 |
| 25 | 55 | 2 |
| 110 | 140 | 1 |
| 125 | 155 | 2 |
| 125 | 155 | 3 |
| 130 | 160 | 4 |
| 140 | 170 | 1 |
| 140 | 170 | 5 |
| 140 | 170 | 6 |
| 155 | 175 | 2 |

Пять процессоров для своевременной обработки всех запросов будет уже недостаточно.

В задаче требуется найти такое число k , что для всех $i \leq n - k$ выполняется неравенство $t_{i+k} - t_i \leq s$. Действительно, пусть это утверждение имеет место. Тогда процессор, выполнявший задание с номером i , всегда сможет выполнить задание с номером $i+k$, и все задания можно выполнить своевременно, выдавая их процессорам по кругу. С другой стороны, пусть это утверждение не выполняется, то есть найдется такой номер j , что $t_{j+k} - t_j < s$. Тогда в момент времени t_{j+k} все k процессоров будут заняты исполнением запросов с номерами от j до $j + k - 1$, и все запросы не смогут быть выполнены своевременно.

Найти число k , для которого выполняется указанное утверждение можно при помощи двоичного поиска или метода двух указателей. Вариант решения с использованием двух вложенных циклов наберет лишь часть баллов, так как будет превышать ограничение по времени работы.

Метод двух указателей основан на использовании двух переменных `left` и `right`, которые используются в качестве индексов в массиве. Цикл строится таким образом, чтобы для каждого значения `left` находить минимальное значение `right` при котором `t[right] - t[left] >= s`.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n, s = map(int, input().split())
2 t = list(map(int, input().split()))
3 ans = 1
4 left = 0
5 right = 0
6 while right < n:
7     if t[right] - t[left] >= s:
8         left += 1
9     else:
10        right += 1
11    ans = max(ans, right - left)
12 print(ans)
```

Вторая волна. Задачи 8–11 класса

Задача II.1.2.1. Три мешка конфет (10 баллов)

Темы: задачи для начинающих, реализация.

Условие

Алиса и Боб получили в подарок три мешка конфет и они хотят поделить их поровну. Для этого Алиса возьмет некоторое количество конфет из каждого мешка, а остальные конфеты отдаст Бобу. Возможно, что из некоторого мешка Алиса возьмет все конфеты или не возьмет ни одной. Известно, что суммарное количество конфет является четным числом.

Напишите программу, которая определит, сколько конфет Алиса должна взять из каждого мешка, чтобы у нее оказалось ровно половина всех конфет. Программа может вывести любой правильный ответ.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается три натуральных числа a , b и c — количество конфет в каждой кучке, $1 \leq a, b, c \leq 1000$.

В языке Python прочитать три целых числа, записанных в одной строке можно, используя следующий код.

```
a, b, c = map(int, input().split())
```

Формат выходных данных

Выведите в одной строке через пробел три целых неотрицательных числа — количество конфет, которое возьмет Алиса из каждого мешка.

Методика проверки

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

Примеры

Пример №1

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 10 5 5 |
| Стандартный вывод |
| 7 3 3 |

Пояснения к примерам

Ответ 7 3 0 удовлетворяет всем требованиям. Но существует и множество других вариантов, например, 7 2 1 или 0 5 5.

Решение

Существует много способов составить требуемый набор чисел. Например, можно заметить, что если сумма трех чисел четная, то хотя бы одно из слагаемых тоже обязательно четное. Тогда это слагаемое можно поделить на два, еще одно поделить на два с округлением вниз, а последнее — с округлением вверх.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 a, b, c = map(int, input().split())
2 if a % 2 == 0:
3     print(a // 2, b // 2, (c + 1) // 2)
4 else:
5     print((a + 1) // 2, b // 2, c // 2)

```

Задача II.1.2.2. Трехцветная сортировка (15 баллов)

Темы: задачи для начинающих, структуры данных.

Условие

У Алисы есть упорядоченный набор карточек, каждая из которых раскрашена в один из трех цветов: красный, зеленый, синий. Кроме того, на каждой карточке записано некоторое натуральное число. Алиса хочет выполнить сортировку чисел, чтобы сначала шли все числа на красных карточках, далее — на зеленых и наконец — на синих. При этом взаимное расположение карточек одного цвета не должно измениться. Например, если в исходном наборе было две красных карточки с числами 20

и 10, причем карточка с числом 20 располагалась раньше, чем карточка с числом 10, то после упорядочивания 20 по-прежнему должна находиться раньше, чем 10.

Напишите программу, которая отсортирует карточки в требуемом порядке.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается последовательность символов c_1, c_2, \dots, c_n , где c_i задает цвет i -той карточки и может принимать одно из трех значений r , g или b . Каждый из символов обозначает определенный цвет: r — красный, g — зеленый, b — синий. Символы записаны без пробелов и других разделителей, $1 \leq n \leq 1000$.

Во второй строке записана последовательность натуральных чисел a_1, a_2, \dots, a_n , где a_i задает число, записанное на i -той карточке. Все числа различны и не превосходят n .

Формат выходных данных

В одной строке через пробел вывести требуемую последовательность чисел после сортировки.

В языке Python для вывода чисел в цикле на одной строке через пробел можно использовать следующую команду.

```
print(x, end=' ')
```

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| bbb 3 1 2 |
| Стандартный вывод |
| 3 1 2 |

Пример №2

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| rgrg 4 1 2 3 |
| Стандартный вывод |
| 4 2 1 3 |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| brrg 1 2 3 4 |
| Стандартный вывод |
| 2 3 4 1 |

Пояснения к примерам

В первом примере все карточки одного цвета, поэтому упорядочивать нечего.

Во втором примере карточки 4 и 2 красного цвета, поэтому они окажутся в начале, сохранив взаимное расположение. Карточки 1 и 3 зеленого цвета, поэтому они сдвинутся в конец, также сохранив взаимное расположение.

В третьем примере в начале последовательности будут красные карточки 2 и 3, далее зеленая 4, далее синяя 1.

Решение

Для решения этой задачи достаточно сохранить цвета и номера карточек в списке. Далее в трех циклах вывести сначала номера красных карточек, потом — зеленых, и наконец, — синих.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 s = input()
2 p = list(map(int, input().split()))
3 for a in 'rgb':
4     for i in range(len(s)):
5         if s[i] == a:
6             print(p[i], end = ' ')

```

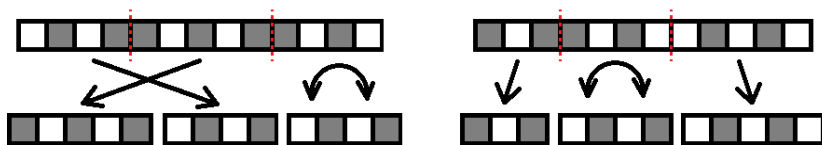
Задача II.1.2.3. Черно-белая полоска (15 баллов)

Темы: задачи для начинающих, реализация, строки.

Условие

У Алисы есть полоска бумаги, расчерченная на клеточки. Полоска имеет ширину в одну клеточку и длину в n клеточек. Алиса хотела раскрасить каждую клеточку в белый или черный цвет так, чтобы клеточки разных цветов чередовались. Но после того, как вся полоска была раскрашена, выяснилось, что Алиса ошиблась, и существует ровно две непересекающихся пары соседних клеточек, раскрашенных в один цвет. Отметим, что *три и более клеток подряд не могут иметь один цвет*. Чтобы исправить свои ошибки, Алиса решила разрезать полоску в двух местах, переставить

и, возможно, развернуть полученные три части, а затем склеить их. На рисунке ниже показаны два примера разрезания и склейки полосы.



В примере на картинке слева исходная полоска разрезается на три части и склеивается в следующем порядке. Кусочек из середины от с номерами клеток из диапазона [5; 9] становится самым левым. Далее к нему пристыковывается кусочек с номерами клеток [1; 4]. И, наконец, справа пристыковывается кусочек с номерами клеток [10; 13], который при этом разворачивается на 180° . В результате будет получена полоска из клеток с чередующимися цветами.

В примере на картинке справа кусочки полосы остаются на своих местах, но средняя полоска с номерами клеток [4; 7] разворачивается на 180° .

Напишите программу, которая определит, сможет ли Алиса указанным способом сделать полоску из клеточек чередующихся цветов и, если это возможно, то составит схему разрезания существующей полоски на три кусочка и склейки этих кусочков. Полученная полоска может начинаться как с клетки белого, так и черного цвета. Если требуемую полоску можно получить различными способами, то в качестве ответа можно взять любой из них.

Формат входных данных

На вход подается одна строка, описывающая вид исходной полоски. Строка состоит из символов w и b , обозначающих клетку белого и черного цвета соответственно. Длина строки не превосходит 1000. Гарантируется, что строка имеет вид, описанный в условии задачи.

Формат выходных данных

Если составить полоску из клеток чередующихся цветов невозможно, то программа должна вывести единственное слово *no*. В противном случае вывод должен содержать ровно три строки, каждая из которых описывает кусочек исходной ленты в виде трех чисел. Первое и второе число задают номера начальной и конечной клетки кусочка соответственно. Третье число может иметь одно из двух значений — 0 или 180 в зависимости от того, поворачивается кусочек на 180° или нет. Строки должны следовать в порядке склейки кусочков слева направо.

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| wbwbwbwbwbwbw |
| Стандартный вывод |
| 5 9 0 |
| 1 4 0 |
| 10 13 180 |

Пример №2

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| bwbwbwbwbwbw |
| Стандартный вывод |
| 1 3 0 |
| 8 12 180 |
| 4 7 0 |

Пример №3

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| bbwbw |
| Стандартный вывод |
| no |

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 s = input()
2 n = len(s)
3 x = []
4 for i in range(1, n):
5     if s[i] == s[i-1]:
6         x.append(i)
7 if s[x[0]] != s[x[1]]:
8     print(1, x[0], 0)
9     print(x[0] + 1, x[1], 180)
10    print(x[1] + 1, n, 0)
11 elif s[x[0]] == s[0] or s[x[0]] == s[-1]:
12    print('no')
13 else:
14    print(x[0] + 1, x[1], 0)
15    print(1, x[0], 0)
16    print(x[1] + 1, n, 180)

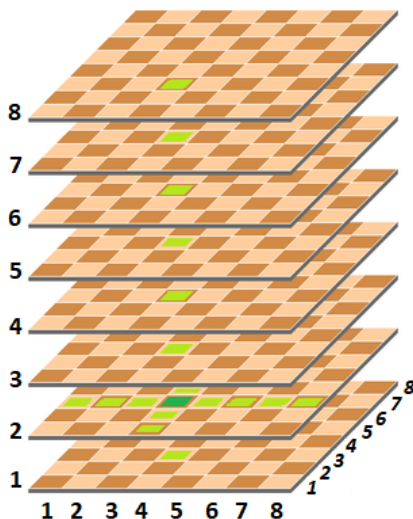
```

Задача II.1.2.4. Расстановка ладей на трехмерной шахматной доске (30 баллов)

Темы: реализация, сортировки, структуры данных, динамическое программирование, комбинаторика.

Условие

Алиса и Боб учатся пространственному воображению и решают для этого математические головоломки на трехмерной шахматной доске размера n . Такая доска состоит из n двумерных квадратных досок, расположенных друг над другом. На рисунке изображена трехмерная шахматная доска размера 8.



Каждую клетку трехмерной доски можно задать тремя целыми числами из диапазона $[1; n]$: порядковым номером двумерной доски, номером вертикали на двумерной доске и номером горизонтали. Например, клетка, выделенная на рисунке темно-зеленым цветом, задается тройкой чисел $(2, 4, 3)$.

Трехмерная шахматная ладья ходит по двумерной доске по стандартным правилам, то есть за один ход может переместиться на любую клетку в той же вертикали или горизонтали, где она находится. Вместе с тем трехмерная ладья может за один переход перейти на любую другую доску в клетку с такой же двумерной координатой. На рисунке светло-зеленым цветом показаны клетки в которые может перейти ладья из клетки с координатами $(2, 4, 3)$. В этом случае говорят, что ладья бьет эти клетки.

Алиса и Боб уверены, что на трехмерной шахматной доске размера n можно расставить n^2 ладей так, что они не будут бить друг друга, но никак не могут понять принцип расстановки.

Напишите программу, которая найдет любую допустимую расстановку ладей на трехмерной шахматной доске размера n так, чтобы они не били друг друга.

Формат входных данных

На вход подается единственное натуральное число n — размер доски, $1 \leq n \leq 30$.

Формат выходных данных

Выведите координаты n^2 клеток, на которых будут расположены ладьи. Три координаты каждой клетки выводятся через пробел в отдельной строке. Порядок перечисления клеток может быть произвольным.

Методика проверки

Программа проверяется на 30-ти тестах. Номер теста совпадает с числом n .

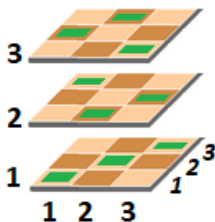
Примеры

Пример №1

| |
|--|
| Стандартный ввод |
| 3 |
| Стандартный вывод |
| 1 2 2 1 3 3 2 1 3 2 2 1 2 3 2 3 1 2 3 2 3 3 3 1 |

Пояснения к примеру

Расстановка ладей из примера показана на рисунке ниже.



Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n = int(input())
2 for i in range(n):
3     for j in range(n):
4         print(i + 1, j + 1, (i + j) % n + 1)

```

Задача II.1.2.5. Удаление скобок (30 баллов)

Темы: математика, строки, рекурсивные алгоритмы.

Условие

Боб любит формализм во всем, включая запись математических выражений, поэтому при их записи он ставит скобки так, чтобы каждая операция выделялась своей парой скобок. Например, выражение $(a + b + c) * d$ он запишет как $((a + b) + c) * d$ или как $((a + (b + c)) * d)$, а выражение $a * b + c * d$ как $((a * b) + (c * d))$. Таким образом, количество пар скобок в выражениях Боба всегда равно количеству операций, а для операции, которая выполняется последней, пара скобок всегда ограничивает все выражение.

Алиса считает такой перфекционизм избыточным и старается ставить скобки только там, где они нужны для правильных вычислений. Например, в выражении $(a + b + c) * d$ скобки убрать уже нельзя, поскольку выражение $a + b + c * d$ по математическим правилам задает другой порядок применения операций, и результаты вычисления этих двух выражений могут различаться. А вот в выражении $a + (b + c)$ скобки убрать уже можно, поскольку для сложения имеет место сочетательное свойство или, как говорят математики, аксиома ассоциативности. Также можно убрать скобки и в выражении $(a * b) + (c * d)$, поскольку по договоренностям умножение выполняется раньше, чем сложение.

Напишите программу, которая перепишет выражение, записанное Бобом, в тот вид, который нравится Алисе. Обратите внимание, что программа должна просто убрать все избыточные скобки. Другие преобразования делать нельзя. Полученное выражение должно иметь результат вычислений, совпадающий с результатом исходного выражения, при любых значениях параметров.

Формат входных данных

На вход в единственной строке поступает правильно записанное арифметическое выражение, состоящее из имен параметров, скобок и операций «+» и «*». Каждый параметр записывается в виде одной строчной буквы латиницы. Имена параметров не повторяются и встречаются в алфавитном порядке, таким образом, количество операций не превосходит 25. Выражение содержит как минимум одну операцию. Каждая операция в выражении выделяется своей парой скобок, как записано в условии задачи.

Формат выходных данных

Программа должна вывести исходное выражение без избыточных скобок. Порядок следования параметров в ответе должен совпадать с порядком в исходном выражении. В частности, это означает что для теста $(a + b)$ ответ $b + a$ будет считаться ошибочным.

Методика проверки

Программа проверяется на 30-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Выражения в первых девяти тестах содержат не более двух операций. Тесты из условия задачи при проверке не используются.

Примеры

Пример №1

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| (a+b) |
| Стандартный вывод |
| a+b |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| ((a+(b+c))*d) |
| Стандартный вывод |
| (a+b+c)*d |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| ((a*b)+(c*d)) |
| Стандартный вывод |
| a*b+c*d |

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 def parse(s,i):
2     if s[i] != '(':
3         return (s[i], i + 1, s[i])
4     else:
5         left, i, lop = parse(s, i + 1)
6         op = s[i]
7         right, i, rop = parse(s, i + 1)
8         if op == '*' and lop == '+':
9             left = '(' + left + ')'
10        if op == '*' and rop == '+':
11            right = '(' + right + ')'
12        return (left + op + right, i + 1, op)
13 print(parse(input(), 0)[0])

```

Третья волна. Задачи 8–11 класса

Задача II.1.3.1. Кодировка подмножеств (10 баллов)

Темы: задачи для начинающих, математика, реализация.

Условие

Недавно Алиса узнала об одном способе закодировать одним целым числом любое подмножество некоторого заданного конечного множества. Для этого необходимо сопоставить каждому элементу множества число, равное некоторой степени двойки. Теперь в качестве кода произвольного подмножества можно взять сумму чисел, соответствующих элементам этого подмножества.

Алиса составила множество из шести своих друзей и поставила им в соответствие последовательные степени двойки:

- 1 — *Anna*;
- 2 — *Boris*;
- 4 — *Cary*;
- 8 — *David*;
- 16 — *Eva*;
- 32 — *Fiona*.

Например, подмножество $\{Anna, Cary, Eva, Fiona\}$ будет закодировано числом 53. ($1 + 4 + 16 + 32 = 53$).

Алиса тренируется быстро декодировать подмножество по его коду. Напишите программу, которая позволит проверить ее навыки. Программа должна получать на вход некоторый код и выводить имена друзей, входящих в подмножество с этим кодом.

Формат входных данных

На вход подается единственное натуральное число n — код подмножества, $1 \leq n \leq 63$.

Формат выходных данных

Выведите имена друзей Алисы, которые входят в закодированное подмножество. Каждое имя следует выводить в отдельной строке. Порядок имен может быть произвольным.

Ниже приведен фрагмент программы на языке Python в котором создается список с правильным написанием слов.

```
Names = ['Anna', 'Boris', 'Cary', 'David', 'Eva', 'Fiona']
```

Методика проверки

Программа проверяется на 20-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 0,5 балла. Тест из условия задачи при проверке не используется. Первые шесть тестов — это последовательные степени двойки от 1 до 32.

Примеры

Пример №1

| |
|------------------------------|
| Стандартный ввод |
| 53 |
| Стандартный вывод |
| Anna Cary Eva Fiona |

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 Names = ['Anna', 'Boris', 'Cary', 'David', 'Eva', 'Fiona']
2 n = int(input())
3 for i in range(6):
4     if n % 2 == 1:
5         print(Names[i])
6     n //= 2

```

Задача II.1.3.2. Алфавитные подстроки (15 баллов)

Темы: задачи для начинающих, строки, реализация.

Условие

Алиса разрабатывает обучающую игру для младших школьников. В ней игроку дается строка из строчных символов латиницы, а он должен разбить ее на подстроки из последовательных символов алфавита. Такие подстроки далее будем называть правильными. В правильной подстроке после буквы a должна идти буква b , после b — c и так далее. При этом правильная подстрока может начинаться с любого символа. Например, строка $bcdefaabcef$ должна быть разбита на $bcdef+a+abc+ef$. Обратите внимание, что подстрока может состоять и из одного символа.

Конечно, игрок может ошибиться и разбить строку неправильным или неоптимальным способом. Например, игрок может разбить строку $bcdefaabcef$ на $bcd++ef+aabc+ef$. Чтобы учесть такую возможность Алиса считает очки за найденное разбиение. Если подстрока является правильной, то игроку добавляется количество очков, равное квадрату длины подстроки. Неправильные подстроки не учитываются. Например, за разбиение $bcdef+a+abc+ef$ игрок получит $5^2 + 1^2 +$

$+3^2 + 2^2 = 39$ очков, а за разбиение $bcd+ef+aabc+ef$ лишь $3^2 + 2^2 + 2^2 = 17$ очков.

Напишите программу, которая посчитает количество очков, полученных игроком за сделанное разбиение произвольной строки.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается одно натуральное число n — количество фрагментов в разбиении, $1 \leq n \leq 100$. Далее записаны сами фрагменты разбиения. Каждый фрагмент записан в отдельной строке и состоит только из строчных символов латиницы. Длина каждого фрагмента не превосходит 26.

Формат выходных данных

Выведите одно целое число — количество очков, которое получит игрок за сделанное разбиение.

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тест из условия задачи при проверке не используется. В первых четырех тестах разбиение состоит из одного фрагмента. В следующих четырех тестах каждый фрагмент содержит не более двух символов.

Примеры

Пример №1

| |
|------------------------------|
| Стандартный ввод |
| 4 bcd ef aabc ef |
| Стандартный вывод |
| 17 |

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n = int(input())
2 ans = 0
3 for i in range(n):
4     s = input()
5     for j in range(1, len(s)):
6         if ord(s[j]) - ord(s[j - 1]) != 1:
7             break

```

```
8     else:
9         ans += len(s) ** 2
10    print(ans)
```

Задача II.1.3.3. Пат и Паташон (15 баллов)

Темы: жадные алгоритмы, реализация.

Условие

Боб придумал логическую игру «Пат и Паташон». В этой игре на виртуальной сцене находится n персонажей различного роста, которые выстроены в один ряд. Игрок может удалить часть персонажей со сцены, при этом оставшиеся персонажи смыкаются, не изменяя своего взаимного расположения. После этого персонажи на сцене разбиваются на пары: первый со вторым, третий с четвертым, пятый с шестым и так далее.

В момент удаления игрок должен позаботиться о том, чтобы количество оставшихся персонажей стало четным. Первого персонажа в паре (с нечетным номером) будем называть Патом, а второго (с четным номером) — Паташоном. Эффектностью пары будем называть разность роста Пата и Паташона. Эффектность может быть отрицательной, если окажется, что Пат ниже, чем Паташон. За один раунд игрок получает количество очков, равное сумме эффектностей всех пар. Игрок может удалить со сцены всех персонажей. В этом случае он получит ноль очков.

Рассмотрим пример. Пусть на сцене изначально находилось девять персонажей, рост которых задается массивом чисел (120, 160, 180, 160, 120, 110, 150, 170, 100). Игрок удалил со сцены первого второго и седьмого персонажа. На сцене осталось шесть персонажей с ростом (180, 160, 120, 110, 170, 100). Они разбились на три пары (180, 160), (120, 110), (170, 100), при этом эффектность первой пары — 20, второй — 10, третьей — 70. Таким образом, за такое разбиение на пары игрок получит 100 очков. Однако, если игрок оставит на сцене четырех персонажей с ростом (180, 110, 170, 100), то он получит 140 очков.

Напишите программу, которая посчитает максимальное количество очков, которые может получить игрок, для заданной последовательности персонажей.

Формат входных данных

На вход в первой строке подается одно натуральное число n — количество персонажей на сцене в начале игры, $1 \leq n \leq 1000$. Далее в одной строке через пробел записана последовательность из n натуральных чисел, которые задают рост персонажей. Числа не превосходят 1000.

Формат выходных данных

Выведите одно целое число — максимальное количество очков, которое может получить игрок для заданной последовательности персонажей.

Методика проверки

Программа проверяется на 15-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тест из условия задачи при проверке не используется. В первых пяти тестах на сцене изначально находится ровно четыре персонажа.

Примеры

Пример №1

| |
|--|
| Стандартный ввод |
| 9 120 160 180 160 120 110 150 170 100 |
| Стандартный вывод |
| 140 |

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n = int(input())
2 x = list(map(int, input().split()))
3 print(sum([max(x[i]-x[i+1], 0) for i in range(n-1)]))
```

Задача II.1.3.4. Выезд на экскурсию (30 баллов)

Темы: математика, структуры данных, реализация.

Условие

Администрация школы организовала автобусную экскурсию для своих учеников. Всего было заказано n автобусов разной вместимости. Обозначим за c_i количество детей, которые могут находиться в i -том автобусе. Все c_i являются *четными* числами. Учителя неформально делят всех учеников на активных и спокойных. Всего на экскурсию поедет m активных и k спокойных детей. Учителя хотели бы распределить детей по автобусам так, чтобы количество спокойных и активных детей в каждом автобусе отличалось как можно меньше. Формально это означает следующее. Обозначим за x_i и y_i количество активных и спокойных детей соответственно в i -том автобусе. Вычислим модули разности количества активных и спокойных детей в каждом автобусе и просуммируем полученные числа. Полученная величина $\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$ должна оказаться минимально возможной.

Но когда автобусы подъехали, все пошло не по плану. Часть детей выбежали из школы и расселись по автобусам произвольно. После подсчетов выяснилось, что в i -том автобусе уже находится a_i активных детей и b_i спокойных. Чтобы не увеличивать неразбериху, было решено оставить их на своих местах и постараться рассадить оставшихся детей в соответствии с изначально выбранным принципом.

Напишите программу, которая найдет значения x_i и y_i с учетом всех требований, а именно:

- $x_i \geq a_i$;
- $y_i \geq b_i$;
- $x_i + y_i \leq c_i$;
- $\sum_{i=1}^n x_i = m$;
- $\sum_{i=1}^n y_i = k$;
- $\sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \rightarrow \min$.

Если допустимых ответов несколько, то можно вывести любой.

Формат входных данных

На вход в первой строке через пробел подается три целых числа n , m и k — количество автобусов, количество активных и количество спокойных детей соответственно; $1 \leq n \leq 100$; $0 \leq m, k \leq 10000$. Во второй строке через пробел записаны числа a_1, a_2, \dots, a_n , задающие количество активных детей, изначально находящихся в каждом из автобусов. В третьей строке аналогично записаны числа b_1, b_2, \dots, b_n , задающие количество спокойных детей, изначально находящихся в каждом из автобусов. Наконец, в четвертой строке записаны натуральные четные числа c_1, c_2, \dots, c_n , задающие вместимость каждого из автобусов; $2 \leq c_i \leq 100$. Все входные значения заданы корректно в соответствии с условием задачи. В том числе гарантируется, что общее количество школьников не превосходит суммарной вместимости всех автобусов.

Формат выходных данных

Вывод должен состоять из двух строк. В первой строке через пробел следует вывести значения x_i — количество активных детей в каждом из автобусов. Во второй строке аналогично вывести значения y_i — количество спокойных детей в каждом из автобусов.

Методика проверки

Программа проверяется на 30-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тест из условия задачи при проверке не используется. В первых пяти тестах количество автобусов равно двум. В следующих пяти тестах суммарное количество школьников равно суммарной вместимости автобусов.

Примеры

Пример №1

| Стандартный ввод |
|-------------------|
| 4 50 80 |
| 10 20 0 0 |
| 25 5 20 0 |
| 40 30 40 30 |
| Стандартный вывод |
| 10 20 10 10 |
| 25 10 25 20 |

Пояснения к примеру

Ответ удовлетворяет всем ограничениям. Сумма всех x_i равна 50. Сумма всех y_i равна 80. В первом и третьем автобусе едет по 35 детей, а во втором и четвертом — по 30. Эти значения не превосходят вместимости соответствующих автобусов. Также для всех i выполняются неравенства $x_i \geq a_i$ и $y_i \geq b_i$. Значение выражения $\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$ равно 50. Можно доказать, что другие допустимые варианты распределения не дадут меньшей величины.

Возможны и другие правильные ответы, например, следующий.

```
15 20 15 0
25 10 20 25
```

Для этого ответа также выполнены все ограничения, а сумма $\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$ равна 50.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n, m, k = map(int, input().split())
2 a = list(map(int, input().split()))
3 b = list(map(int, input().split()))
4 c = list(map(int, input().split()))
5 m -= sum(a)
6 k -= sum(b)
7 for i in range(n):
8     if a[i] > b[i]:
9         v = min(k, a[i] - b[i], c[i] - a[i] - b[i])
10        b[i] += v
11        k -= v
12    else:
13        v = min(m, b[i] - a[i], c[i] - a[i] - b[i])
14        a[i] += v
15        m -= v
16 for i in range(n):
17    v = min(m, k, (c[i] - a[i] - b[i]) // 2)
18    a[i] += v
19    b[i] += v
20    m -= v
21    k -= v
22 for i in range(n):
23    v = min(m, c[i] - a[i] - b[i])
24    a[i] += v
25    m -= v
26    v = min(k, c[i] - a[i] - b[i])
27    b[i] += v
28    k -= v
29 print(*a)
30 print(*b)
```

Задача II.1.3.5. Нескучные каникулы (30 баллов)

Темы: сортировки, структуры данных, реализация.

Условие

У Алисы закончился очередной учебный год, и она составляет расписание на каникулы. Алиса планирует, что в ее каникулы состоится некоторое число событий, таких как посещение концертов, празднование дней рождений и так далее. Алиса называет i -тый день каникул нескучным, если для него выполняется хотя бы одно из двух условий:

- в i -тый день состоится хотя бы одно событие;
- хотя бы одно событие состоится в день с номером $i - 1$ и в день с номером $i + 1$.

Рассмотрим пример. Пусть в каникулах 10 дней и некоторые события произойдут в дни с номерами 2, 3, 5, 9, 10. Тогда нескучными будут все эти дни, а также день с номером 4, поскольку некоторые события произойдут в два соседних с ним дня.

При составлении расписания Алиса учитывает, что для некоторых событий заранее известна дата, а для других она сама может подобрать подходящий день. Алиса хочет расставить события с открытой датой так, чтобы каникулы получились наиболее нескучными, то есть чтобы количество нескучных дней в каникулах было максимальным.

Напишите программу, которая подберет дни для событий с открытой датой так, чтобы каникулы получились наиболее нескучными.

Формат входных данных

На вход в первой строке через пробел подается три целых числа n , m и k — продолжительность каникул в днях, количество событий с открытой датой и количество событий с заданной датой соответственно; $1 \leq n \leq 100000$; $1 \leq m \leq 100000$; $0 \leq k \leq 100000$.

Во второй строке через пробел записаны k натуральных чисел d_1, d_2, \dots, d_k — номера дней, в которые произойдут события с известной датой; $1 \leq d_i \leq n$. Числа могут повторяться и следовать в произвольном порядке. Если k будет равно нулю, то вторая строка будет пустой.

Формат выходных данных

В первой строке выведите одно натуральное число s — количество нескучных дней в каникулах. Во второй строке через пробел выведите m натуральных чисел t_1, \dots, t_m — номера дней, в которые Алиса должна запланировать события с открытой датой. Если допустимых ответов будет несколько, то можно вывести любой. Числа могут повторяться и следовать в произвольном порядке.

Методика проверки

Программа проверяется на 30-ти тестах. Прохождение каждого теста оценивается в 1 балл. Тесты из условия задачи при проверке не используются. В трех первых тестах $k = 0$. В следующих трех тестах $k = 1$. В первых 15-ти тестах n , m и k не превосходят 100.

Примеры

Пример №1

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 11 5 6 |
| 1 3 5 7 9 11 |
| Стандартный вывод |
| 11 |
| 1 1 1 1 1 |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 11 2 0 |
| Стандартный вывод |
| 3 |
| 2 4 |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 15 2 5 |
| 1 2 8 12 14 |
| Стандартный вывод |
| 11 |
| 4 6 |

Пояснения к примеру

В первом примере все дни каникул являются нескучными из-за событий с известной датой, поэтому пять событий с открытой датой можно расставить произвольно.

В ответе ко второму примеру нескучными будут дни с номерами 2, 3, 4. Улучшить ответ нельзя.

В ответе к третьему примеру нескучными будут 11 дней с номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14. Улучшить этот ответ нельзя, хотя набор дней может быть другим, например, 4, 10 или 6, 10.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n, m, k = map(int, input().split())
2 d = [False] * (n + 2)
3 for x in map(int, input().split()):
4     d[x] = True
5 if k == 0:
6     ans = list(range(1, min(n, 2 * m), 2))

```

```
7     ans.extend([n] * max(m - len(ans), 0))
8 else:
9     p = 0
10    segs = []
11    for i in range(1, n + 1):
12        if d[i]:
13            if p == 0:
14                plen = i - 1
15            elif i - p > 2:
16                segs.append((p + 2, i))
17            p = i
18    segs.sort(key = lambda x: x[1] - x[0] + ((x[1] - x[0]) % 2) * 100000)
19    ans = []
20    for (a, b) in segs:
21        ans.extend(range(a, b, 2))
22    if n - p > 1:
23        ans.extend(range(p + 2, n + 1, 2))
24    if plen > 1:
25        ans.extend(range(plen - 1, 0, -2))
26    if (n - p) % 2 == 1:
27        ans.append(n)
28    ans = ans[: min(m, len(ans))]
29    ans.extend([1] * (m - len(ans)))
30    for i in ans:
31        d[i] = True
32    s = 0
33    for i in range(1, n + 1):
34        if d[i] or d[i - 1] and d[i + 1]:
35            s += 1
36    print(s)
37    print(*ans)
```

Предметный тур. Математика

Первая волна. Задачи 8–9 класса

Задача П.2.1.1. (15 баллов)

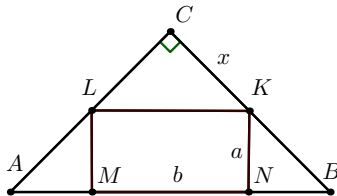
Темы: планиметрия.

Условие

Прямоугольник $MNKL$ вписан в равнобедренный прямоугольный треугольник ABC таким образом, что две его вершины M и N лежат на гипотенузе AB , а две K и L — на катетах BC и AC соответственно. Найдите гипотенузу треугольника ABC , если площади треугольников AML и CLK соответственно равны S_1 и S_2 .

Формат ответа: приближенный ответ с точностью до 0,01.

Решение



Поскольку треугольник ABC равнобедренный и прямоугольный, то углы при вершинах A и B равны по 45° . В силу того, что $MNKL$ — прямоугольник, имеем $\angle AML = 90^\circ$. Следовательно, треугольник AML — прямоугольный равнобедренный. Пусть $AM = ML = a$. Тогда

$$S_1 = \frac{1}{2}a^2.$$

Отсюда $a = \sqrt{2S_1}$.

Так как $\angle CLK = 180^\circ - \angle MLA - \angle MLK = 180^\circ - 45^\circ - 90^\circ = 45^\circ$, то треугольник CLK — прямоугольный равнобедренный. Пусть $CL = CK = x$. Тогда

$$S_2 = \frac{1}{2}x^2.$$

Пусть $LK = b$. По теореме Пифагора $x^2 + x^2 = b^2$. Тогда $x^2 = \frac{b^2}{2}$. Следовательно,

$$S_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b^2}{2} = \frac{b^2}{4}.$$

Тогда $b = 2\sqrt{S_2}$.

Получаем

$$AB = 2a + b = 2\sqrt{2S_1} + 2\sqrt{S_2} = 2(\sqrt{2S_1} + \sqrt{S_2}).$$

Погрешность 0,01.

Варианты

$$S_1 = 3, 4, \dots, 10; S_2 = 11, 12, \dots, 20.$$

Ответ: $2(\sqrt{2S_1} + \sqrt{S_2})$.

Задача II.2.1.2. (20 баллов)

Темы: делимость и остатки.

Условие

Николай решил расставить оловянных солдатиков в колонну по a в ряд, однако ему не хватило k штук, чтобы заполнить последний ряд. Тогда он перестроил солдатиков по b в ряд, при этом ему снова не хватило k солдатиков, чтобы заполнить последний ряд. Наконец он построил их в колонну по c в ряд, и опять ему не хватило k игрушек, чтобы заполнить последний ряд. Какое наименьшее количество солдатиков может быть у Николая, если известно, что их не менее M штук?

Решение

Пусть N — количество солдатиков. Тогда по условию задачи $N + k$ делится на a , на b и на c . Поэтому $N + k$ делится на $\text{НОК}(a, b, c)$. Имеем

$$N = l \cdot \text{НОК}(a, b, c) - k \geq M,$$

где $l \in \mathbb{N}$. Наименьшее значение N соответствует наименьшему возможному значению l , равному

$$\left\lceil \frac{M + k}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rceil,$$

где $\lceil \cdot \rceil$ — операция округления вверх до ближайшего целого. Значит, наименьшее количество солдатиков

$$N = \left\lceil \frac{M + k}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rceil \cdot \text{НОК}(a, b, c) - k.$$

Погрешность 0.

Варианты

$$a = 6, 7, 8; b = 9, 10, 11; c = 12, 13, 14; k = 1, 2, \dots, 5, M = 200, 250, 300.$$

Ответ: $\left\lceil \frac{M + k}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rceil \cdot \text{НОК}(a, b, c) - k$.

Задача II.2.1.3. (20 баллов)

Темы: теория множеств, логика.

Условие

Чтобы обсудить последние новости, n друзей решили встретиться в кафе. Каждый заказал себе лимонад, но не более двух бокалов. Причем те, кто заказал два бокала, выбрали разные вкусы. В кафе подавали лимонады трех различных вкусов. Оказалось, что для любой пары друзей вкусы совпали хотя бы для одного бокала, а самый популярный вкус выбрали ровно k друзей. Определите наименьшее возможное значение k .

Примечание: самых популярных вкусов может быть несколько, когда каждый из этих вкусов выбирается одинаковым количеством друзей.

Решение

Оценка. Докажем, что самый популярный вкус выбрали не менее $\lceil \frac{2}{3}n \rceil$ друзей (здесь $\lceil \cdot \rceil$ — операция округления вверх до ближайшего целого). Составим таблицу вида.

| | 1 | 2 | ... | n |
|-----|---|---|-----|-----|
| A | 0 | 1 | ... | 1 |
| B | 1 | 0 | ... | 1 |
| C | 1 | 1 | ... | 0 |

Здесь A, B, C — вкусы лимонада. На пересечении i -й строки и j -го столбца стоит 1, если и только если j -й друг выбрал i -й вкус.

Допустим A — самый (один из самых) популярный вкус. Если в строке A все единицы, то доказывать нечего.

Пусть в строке A есть хотя бы один ноль. Пусть, например, он стоит в первом столбце. Тогда первый друг выбрал хотя бы один из оставшихся вкусов. Пусть, например, он выбрал B . Если первый друг заказал только один бокал лимонада, то по условию все остальные друзья тоже выбрали бокал лимонада вкуса B . Но тогда получается, что вкус B популярнее вкуса A . Это противоречие показывает, что первый друг заказал лимонады обоих вкусов, B и C .

Поскольку у первого друга есть хотя бы один общий вкус с каждым из остальных, и каждый заказал не более двух бокалов, то в каждом столбце таблицы стоит ровно две единицы. Тогда во всей таблице записано $2 \cdot n$ единиц. Но тогда в строке A записано не менее $\frac{2n}{3}$ единиц, так как иначе во всей таблице будет менее $2n$ единиц. Поскольку количество единиц в строке A — целое число, то это количество не меньше $\lceil \frac{2}{3}n \rceil$.

Пример. Учитывая, что $n = 3k + 1$, составим такую таблицу.

| | 1 | ... | $k+1$ | $k+2$ | ... | $2k+1$ | $2k+2$ | ... | $3k+1$ |
|-----|---|-----|-------|-------|-----|--------|--------|-----|--------|
| A | 1 | ... | 1 | 1 | ... | 1 | 0 | ... | 0 |
| B | 0 | ... | 0 | 1 | ... | 1 | 1 | ... | 1 |
| C | 1 | ... | 1 | 0 | ... | 0 | 1 | ... | 1 |

Здесь два самых популярных вкуса — A и C . В соответствующих строках записано $2k+1 = \lceil \frac{2}{3}(3k+1) \rceil = \lceil \frac{2}{3}n \rceil$ единиц.

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 10, 13, \dots, 43.$$

Ответ: $\left\lceil \frac{2}{3}n \right\rceil$.

Задача II.2.1.4. (20 баллов)

Темы: классическая вероятность.

Условие

Случайным образом выбираются 4 различные вершины правильного n -угольника (любой выбор равновозможен). Какова вероятность того, что выбранные вершины образуют прямоугольник?

Дайте ответ в процентах с точностью до 0,01.

Решение

Количество способов выбрать 4 вершины равно C_n^4 .

Теперь подсчитаем количество возможных прямоугольников. Диагональ одного такого прямоугольника совпадает с диаметром окружности, описанной около n -угольника, поскольку на диагональ опирается угол в 90° с вершиной, лежащей на окружности. Таким образом, каждому прямоугольнику взаимно однозначно сопоставляются две пары диаметрально противоположных вершин n -угольника. Всего таких пар $C_{n/2}^2$.

Следовательно, искомая вероятность равна:

$$\frac{C_{n/2}^2}{C_n^4} = \frac{\frac{n}{2} \left(\frac{n}{2} - 1 \right)}{2} \cdot \frac{4!}{n(n-1)(n-2)(n-3)} = \frac{3}{(n-1)(n-3)}.$$

Для получения количества процентов остается умножить результат на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$n = 8, 10, \dots, 60.$$

Ответ: $\frac{300}{(n-1)(n-3)}$.

Задача II.2.1.5. (25 баллов)

Темы: алгебра, неравенства.

Условие

При каком наибольшем значении параметра a неравенство:

$$x^2 - 14xy \geq -50y^2 + \frac{2}{\beta}ay - 529$$

верно для всех вещественных значений x и y ?

Решение

Выделим полные квадраты:

$$\begin{aligned} x^2 - 14xy &\geq -50y^2 + \frac{2}{\beta}ay - 529 \iff \\ \iff (x^2 - 14xy + 49y^2) + \left(y^2 - \frac{2}{\beta}ay + \frac{a^2}{\beta^2}\right) &\geq \frac{a^2}{\beta^2} - 529 \iff \\ \iff (x - 7y)^2 + \left(y - \frac{a}{\beta}\right)^2 &\geq \left(\frac{a}{\beta} - 23\right)\left(\frac{a}{\beta} + 23\right). \end{aligned}$$

Заметим, что левая часть неотрицательна при всех значениях x и y . Поэтому если правая часть неположительна, то исходное неравенство верно при всех $x, y \in \mathbb{R}$. Если же правая часть строго больше нуля, то при $y = \frac{a}{\beta}$, $x = 7y$ исходное неравенство нарушается.

Таким образом, требуется найти наибольшее значение a , при котором

$$\left(\frac{a}{\beta} - 23\right)\left(\frac{a}{\beta} + 23\right) \leq 0.$$

Имеем $a = 23\beta$.

Погрешность 0.

Варианты

$$\beta = 3, 5, 7, \dots, 21.$$

Ответ: 23β .

Первая волна. Задачи 10–11 класса**Задача П.2.2.1. (15 баллов)**

Темы: алгебра, квадратный трехчлен.

Условие

Найдите расстояние между точками пересечения графиков двух различных квадратных трехчленов, если они отличаются лишь перестановкой старшего коэффициента и свободного члена, а многочлен, равный их сумме, имеет единственный корень и пересекает ось ординат в точке l . Формат ответа: приближенный с точностью до 0,01.

Решение

Пусть f и g — данные квадратные трехчлены,

$$f(x) = ax^2 + bx + c, \quad g(x) = cx^2 + bx + a.$$

Их сумма $h(x) = (a + c)x^2 + 2bx + (a + c)$.

Найдем точки пересечения графиков f и g . Имеем:

$$f(x) = g(x) \iff (a - c)x^2 = a - c.$$

Так как по условию трехчлены f и g различны, то $a \neq c$. Поэтому $x = \pm 1$. Соответствующие ординаты: $y = a + b + c$ для $x = 1$ и $y = a - b + c$ для $x = -1$.

Расстояние между точками пересечения равно:

$$\rho = \sqrt{(1 - (-1))^2 + (a + b + c - (a - b + c))^2} = 2\sqrt{1 + b^2}.$$

По условию трехчлен h имеет единственный корень. Следовательно, его дискриминант, разделенный на 4, равен нулю:

$$b^2 - (a + c)^2 = 0.$$

Отсюда $b^2 = (a + c)^2$. По условию также имеем $h(0) = l$, то есть $a + c = l$.

Таким образом,

$$\rho = 2\sqrt{1 + (a + c)^2} = 2\sqrt{1 + l^2}.$$

Погрешность 0,01.

Варианты

$$l = 2, 3, \dots, 50.$$

Ответ: $2\sqrt{1 + l^2}$.

Задача II.2.2.2. (20 баллов)

Темы: текстовая задача.

Условие

Бригада комбайнеров, имеющих одинаковые машины, обрабатывает два поля одинаковой площади. На первом поле комбайны начинают работу по очереди через равные промежутки времени, и к моменту начала работы последнего остается неубранной $1/n$ часть поля. После уборки первого поля бригада приступает к уборке второго. При этом промежутки времени между началом работы комбайнов становятся на $p\%$ больше, чем при работе на первом поле. Во сколько раз время уборки второго поля больше времени уборки первого?

Формат ответа: приближенный с точностью до 0, 01.

Решение

Обозначим: k — количество комбайнов, x — производительность одного комбайна, t — время работы бригады при обработке первого поля до начала работы последнего комбайна, T — время уборки первого поля, τ — время уборки второго поля. Площадь каждого поля примем за 1.

К моменту времени t на первом поле была убрана площадь, равная $1 - 1/n$. При этом первый комбайн обработал площадь, равную xt , второй — $x(t - \frac{t}{k-1})$, третий — $x(t - \frac{2t}{k-1})$ и т. д. Поэтому

$$\begin{cases} xt + x(t - \frac{t}{k-1}) + x(t - \frac{2t}{k-1}) + \dots + x(t - \frac{(k-2)t}{k-1}) = 1 - \frac{1}{n}, \\ xk(T - t) = \frac{1}{n}. \end{cases}$$

Пользуясь формулой для суммы арифметической прогрессии, для левой части первого уравнения имеем

$$\begin{aligned} & xt + x\left(t - \frac{t}{k-1}\right) + x\left(t - \frac{2t}{k-1}\right) + \dots + x\left(t - \frac{(k-2)t}{k-1}\right) = \\ & = xt(k-1) - \frac{xt}{k-1}(1+2+\dots+(k-2)) = \\ & = xt(k-1) - \frac{xt}{k-1} \frac{k-1}{2}(k-2) = \frac{xtk}{2}. \end{aligned}$$

Тогда $t = (1 - \frac{1}{n}) \frac{2}{xk}$.

Подставляя во второе уравнение системы, получаем

$$xk\left(T - \left(1 - \frac{1}{n}\right) \frac{2}{xk}\right) = \frac{1}{n}.$$

Отсюда

$$T = \frac{1}{n x k} + \frac{2(n-1)}{n x k} = \frac{2n-1}{n x k}.$$

По условию промежутки времени между началом работы двух последующих комбайнов на втором поле равно $\frac{at}{k-1}$, где $a = 1 + \frac{p}{100}$. Тогда для второго поля имеем

$$x\tau + x\left(\tau - a\frac{t}{k-1}\right) + x\left(\tau - a\frac{2t}{k-1}\right) + \dots + x\left(\tau - a\frac{(k-1)t}{k-1}\right) = 1.$$

Используя формулу для суммы арифметической прогрессии, получаем

$$x\tau k - \frac{xat}{k-1}(1+2+\dots+(k-1)) = x\tau k - \frac{xat}{k-1} \frac{k}{2}(k-1) = xk\left(\tau - \frac{at}{2}\right).$$

Поэтому, учитывая ранее найденное значение $t = (1 - \frac{1}{n}) \frac{2}{xk}$, находим

$$\tau = \frac{1}{xk} + \frac{at}{2} = \frac{1}{xk} + \frac{a}{2}\left(1 - \frac{1}{n}\right) \frac{2}{xk} = \frac{1}{xk}\left(1 + a\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right).$$

Теперь вычислим отношение времени работы бригады на втором поле ко времени работы на первом:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{1}{xk}\left(1 + a\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right) \cdot \frac{n x k}{2n-1} = \frac{n + a(n-1)}{n} \cdot \frac{n}{2n-1} = \frac{n + a(n-1)}{2n-1}.$$

Подставляя значение a , находим

$$\frac{\tau}{T} = \frac{n + (1 + \frac{p}{100})(n-1)}{2n-1} = \frac{2n-1 + \frac{p(n-1)}{100}}{2n-1} = 1 + \frac{p(n-1)}{100(2n-1)}.$$

Погрешность 0,01.

Варианты

$$p = 10, 11, \dots, 30; n = 5, 6, \dots, 15; k = 16, 17, \dots, 20.$$

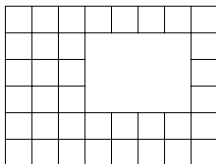
Ответ: $1 + \frac{p(n-1)}{100(2n-1)}$.

Задача II.2.2.3. (20 баллов)

Темы: графы.

Условие

Рыболовная сеть имеет форму прямоугольника размера $n \times k$ клеток. Внутри сети имеется прямоугольная дыра размером $l \times m$ клеток (внешняя граница сети цела). Какое наибольшее число нитей, соединяющих узлы сети, можно перерезать так, чтобы сеть не распалась на части?



Решение

Представим рыболовную сеть в виде графа, в котором вершины — узлы сети, а ребра — соединяющие их нити.

Для того чтобы сеть не распалась на части, граф должен быть связным. Связный граф с наименьшим числом ребер — это дерево, в котором, как известно, число ребер на единицу меньше числа вершин.

Подсчитаем число вершин в графе, соответствующем данной в условии рыболовной сети. Если бы дыры не было, то всего было бы $(n+1)(k+1)$ вершин. Из-за наличия дыры в графе отсутствует $(l-1)(m-1)$ вершин. Таким образом, наименьшее число нитей, необходимое для того, чтобы сеть не распалась на части, равно $(n+1)(k+1) - (l-1)(m-1) - 1$.

Подсчитаем количество ребер. Сеть без дыры можно представить составленной из уголков в виде буквы L и двух отрезков — верхней и правой границы. Тогда

число ребер в случае отсутствия дыры равно $2nk + k + n$. Из-за наличия дыры в графе отсутствует $2lm - l - m$ ребер. Значит, в графе всего ребер

$$2nk + k + n - (2lm - l - m).$$

Таким образом, для получения дерева необходимо перерезать количество нитей, равное

$$2nk + k + n - (2lm - l - m) - ((n + 1)(k + 1) - (l - 1)(m - 1) - 1) = kn - lm + 1.$$

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 200, 205, \dots, 250; k = 300, 305, \dots, 350;$$

$$l = 50, 55, \dots, 100; m = 150, 155, \dots, 200.$$

Ответ: $kn - lm + 1$.

Задача II.2.2.4. (20 баллов)

Темы: геометрическая вероятность, выпуклый четырехугольник.

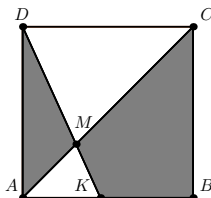
Условие

Сторона квадрата $ABCD$ равна $a\sqrt{2}$. На диагонали AC отмечена точка M на расстоянии b от точки A . Внутри квадрата случайно выбирается точка X . Вычислите вероятность того, что точки C, D, M и X , взятые в некотором порядке, образуют вершины выпуклого четырехугольника.

Ответ дайте в процентах с точностью до 0,01.

Решение

Докажем, что четырехугольник получится выпуклым, если точка X попадет в область, закрашенную на рисунке.



Напомним, что четырехугольник является выпуклым, если он лежит по одну сторону от каждой прямой, проходящей через две его соседние вершины. Разберем четыре случая.

1. Возьмем точку X внутри треугольника MCD и соединим ее отрезком с одной из вершин этого треугольника, построив тем самым одну из сторон четырехугольника. Тогда две другие вершины треугольника окажутся по разные стороны от прямой, проходящей через построенную сторону. Значит, четырехугольник будет невыпуклым.
2. Возьмем точку X внутри треугольника AKM . В этом случае получается невыпуклый четырехугольник, поскольку:
 - если MX — сторона четырехугольника, то D и C лежат по разные стороны от прямой MX ;
 - если MD — сторона четырехугольника, то C и X лежат по разные стороны от прямой MD ;
 - если MC — сторона четырехугольника, то D и X лежат по разные стороны от прямой MC .
3. Возьмем точку X внутри четырехугольника $KBCM$. Нетрудно видеть, что четырехугольник $XCDM$ выпуклый.
4. Возьмем точку X внутри треугольника AMD . Нетрудно видеть, что четырехугольник $XMCD$ выпуклый.

Искомая вероятность — отношение площади закрашенной области к площади квадрата. Найдем площадь незакрашенной области.

Высота треугольника MCD , проведенная из точки D , — это половина диагонали квадрата, поэтому она равна $\frac{a\sqrt{2}}{2} = a$. Тогда площадь треугольника MCD равна

$$S_{MCD} = \frac{1}{2}a \cdot (2a - b).$$

Треугольники AKM и MCD подобны (по двум углам). Тогда их площади относятся как квадрат отношения сторон. Следовательно, площадь S_{AKM} треугольника AKM равна

$$S_{AKM} = S_{MCD} \left(\frac{AM}{MC} \right)^2 = \frac{a}{2} \cdot (2a - b) \left(\frac{b}{2a - b} \right)^2 = \frac{ab^2}{2(2a - b)}.$$

Тогда искомая вероятность p равна

$$p = \frac{S_{ABCD} - (S_{AKM} + S_{MCD})}{S_{ABCD}} = \frac{2a^2 - \left(\frac{ab^2}{2(2a-b)} + \frac{a(2a-b)}{2} \right)}{2a^2} = \frac{2a^2 - b^2}{2a(2a - b)}.$$

Для получения ответа в процентах остается умножить полученное выражение на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$a = 11, 12, \dots, 30; b = 1, 2, \dots, 10.$$

Ответ: $\frac{50(2a^2 - b^2)}{a(2a - b)}$.

Задача II.2.2.5. (25 баллов)

Темы: теория множеств, биекция, комбинаторика.

Условие

На дворовой площадке устраивается турнир по пионерболу. В турнире участвуют n ребят, среди них соседи Саша и Маша. Для турнира составляются всевозможные команды, которые можно образовать из ребят, но так, чтобы в каждой команде играли как минимум два человека. Каждая команда играет в турнире ровно один раз. Сколько матчей Саша и Маша будут соперниками?

Решение

Занумеруем участников от 1 до n . Пусть Саша имеет номер 1, а Маша — номер 2. Каждой команде можно поставить в соответствие строку из нулей и единиц, поставив 1 на позиции k , если k -й участник входит в команду, и 0 — иначе.

Всего команд столько же, сколько строк длины n из нулей и единиц, в которых хотя бы две единицы (по условию в команде минимум два человека), но при этом не более $n - 2$ единицы (если единиц больше, то невозможно подобрать команду соперников). Значит, вычитая из общего числа строк строки, состоящие только из нулей, только из единиц, содержащих одну единицу и содержащих $n - 1$ единицу, получаем, что всего команд:

$$2^n - 1 - 1 - n - n = 2^n - 2n - 2.$$

В каждом матче участвуют две команды, поэтому матчей в два раза меньше числа команд: $2^{n-1} - n - 1$.

Рассмотрим участника под номером k . Подсчитаем количество команд, в которых он участвует — количество строк с единицей на k -й позиции таких, что на остальных позициях может быть что угодно, кроме всех нулей, всех единиц либо одного нуля. Всего таких строк:

$$2^{n-1} - 1 - 1 - (n - 1) = 2^{n-1} - n - 1.$$

Получили, что количество матчей совпадает с количеством команд, в которых участвует k -й игрок. Но каждая команда играет ровно один раз. Таким образом, k -й игрок участвует в каждом матче. А значит, в силу произвольного выбора k и каждый игрок участвует в каждом матче. То есть строка из нулей и единиц однозначно задает не только первую команду (с помощью единиц), но и вторую команду (с помощью нулей).

Таким образом, матчи, в которых Саша и Маша — соперники, задаются строками, в которых цифры на позициях 1 и 2 разные. Каждому матчу соответствуют две строки, получаемые одна из другой заменой единиц нулями и наоборот. Поэтому достаточно подсчитать количество строк, в которых на первой позиции стоит единица, на второй — ноль, а на оставшихся что угодно, кроме всех единиц либо всех нулей. Таких строк:

$$2^{n-2} - 1 - 1 = 2^{n-2} - 2.$$

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 10, 11, \dots, 20.$$

Ответ: $2^{n-2} - 2$.

Вторая волна. Задачи 8–9 класса**Задача II.2.3.1. (15 баллов)**

Темы: текстовая задача.

Условие

Школе требуется N новых парт. Заказ на их изготовление получили три мебельных завода. Первый завод за три дня может выпустить n парт, второй — за четыре дня выпускает $p\%$ от того количества, которое первый и третий выпускают за два дня. Третий завод за 5 дней выпускает m парт. За сколько дней будет выполнен заказ? Ответ округлите вверх до ближайшего целого.

Решение

Обозначим через x , y , z производительности в ед./сут. для первого, второго и третьего заводов соответственно. Пусть t — время выполнения заказа.

По условию задачи имеем

$$\begin{cases} x = \frac{n}{3}, \\ z = \frac{m}{5}, \\ y = \frac{p}{100} \frac{2(x+z)}{4}. \end{cases}$$

Тогда

$$N = (x + y + z)t = \left(\frac{n}{3} + \frac{m}{5} + \frac{p}{100} \frac{n/3 + m/5}{2} \right) t.$$

Следовательно,

$$t = \frac{N}{\left(\frac{n}{3} + \frac{m}{5} \right) \left(1 + \frac{p}{200} \right)}.$$

Погрешность 0.

Варианты

$$N = 600, 650, 700; n = 15, 20, 25; m = 35, 40, 45, 50; p = 20, 25, \dots, 80.$$

Ответ: $\left\lceil \frac{N}{\left(\frac{n}{3} + \frac{m}{5} \right) \left(1 + \frac{p}{200} \right)} \right\rceil$ (здесь $\lceil \cdot \rceil$ — округление вверх до ближайшего целого).

Задача II.2.3.2. (20 баллов)

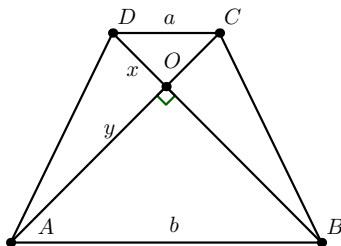
Темы: планиметрия, трапеция.

Условие

Меньшее основание равнобедренной трапеции, диагонали которой взаимно перпендикулярны, равно a . Найдите большее основание трапеции, если ее площадь равна S .

Формат ответа: приближенный с точностью до 0,01.

Решение



Через $S(X)$ обозначим площадь фигуры X . Имеем

$$S = S(ABCD) = S(DOC) + S(ABO) + 2S(AOD) = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}y^2 + 2 \cdot \frac{1}{2}xy.$$

По теореме Пифагора для треугольника DOC будет $x^2 + x^2 = a^2$, тогда $x^2 = \frac{a^2}{2}$. Аналогично из треугольника ABO получаем $y^2 = \frac{b^2}{2}$.

Следовательно,

$$S = \frac{1}{2} \frac{a^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{b^2}{2} + \frac{a}{\sqrt{2}} \frac{b}{\sqrt{2}}.$$

Переносим все слагаемые в одну часть и умножая на 4, получаем

$$b^2 + 2ab + a^2 - 4S = 0.$$

Решая это квадратное уравнение и оставляя только положительный корень, находим

$$b = -a + 2\sqrt{S}.$$

Замечание. Задачу можно решить быстрее, если знать свойство равнобедренной трапеции со взаимно перпендикулярными диагоналями: высота h в такой трапеции равна средней линии. Поэтому

$$S = \frac{1}{2}(a+b)h = \left(\frac{a+b}{2}\right)^2.$$

Отсюда получается тот же ответ.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$a = 3, 4, \dots, 10; S = 110, 120, \dots, 200.$$

Ответ: $2\sqrt{S} - a$.

Задача II.2.3.3. (20 баллов)

Темы: теория множеств, комбинаторика, делимость.

Условие

В соревнованиях по шахматам участвует N команд. Организаторы соревнований придумали следующий способ разбиения команд на группы. Каждой команде присвоен уникальный номер от 1 до N . В первую группу входят команды, номера которых делятся на a , во вторую — те из оставшихся, номера которых делятся на b , в третью — те из оставшихся, номера которых делятся на c , а в четвертую попадают все остальные. Сколько команд будут соревноваться между собой в четвертой группе?

Решение

Пусть A — множество номеров, делящихся на a , B — делящихся на b , C — делящихся на c . Обозначим через $N(X)$ количество элементов в множестве X , $\lfloor x \rfloor$ — округление вниз числа x .

В четвертую группу попадут такие команды, номера которых не делятся ни на одно из чисел a , b или c . Согласно формуле включений и исключений количество N' таких команд равно

$$N' = N - N(A) - N(B) - N(C) + N(A \cap B) + N(A \cap C) + N(B \cap C) - N(A \cap B \cap C).$$

Имеем

$$N(A) = \left\lfloor \frac{N}{a} \right\rfloor, \quad N(B) = \left\lfloor \frac{N}{b} \right\rfloor, \quad N(C) = \left\lfloor \frac{N}{c} \right\rfloor.$$

Далее

$$N(A \cap B) = \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b)} \right\rfloor, \quad N(A \cap C) = \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, c)} \right\rfloor, \quad N(B \cap C) = \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(b, c)} \right\rfloor.$$

Наконец, для пересечения всех трех множеств получаем

$$N(A \cap B \cap C) = \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rfloor.$$

Таким образом, в четвертой группе соревнуются команды в количестве

$$\begin{aligned} N' = N &- \left\lfloor \frac{N}{a} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{b} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{c} \right\rfloor + \\ &+ \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, c)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(b, c)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rfloor. \end{aligned}$$

Погрешность 0.

Варианты

$N = 201, 202, \dots, 209$; $a = 12, 20$; $b = 6, 18$; $c = 9, 10$.

Ответ:

$$N - \left\lfloor \frac{N}{a} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{b} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{c} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, c)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(b, c)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{N}{\text{НОК}(a, b, c)} \right\rfloor.$$

Задача II.2.3.4. (20 баллов)

Темы: классическая вероятность, комбинаторика.

Условие

На клетчатом листе бумаги размера n клеток в высоту и m клеток в ширину случайно закрашивают 3 клетки (любой выбор клеток равновозможен). Какова вероятность того, что для каждой закрашенной клетки будет также закрашена хотя бы одна соседняя, имеющая с ней общую сторону?

Дайте ответ в процентах с точностью до 0,01.

Решение

На листе nm клеток, поэтому число способов выбрать 3 из них равно C_{nm}^3 .

Всевозможные расположения закрашенных клеток, когда каждая клетка имеет хотя бы одну соседнюю, тоже закрашенную, изображены на рисунке.



Теперь подсчитаем число способов расположить каждую такую фигуру на клетчатом листе. Для первой фигуры имеется $n(m-2)$ способов, для второй, третьей, четвертой и пятой — $(n-1)(m-1)$ способов, для последней — $(n-2)m$ способов. Значит, искомая вероятность равна

$$\frac{n(m-2) + 4(n-1)(m-1) + (n-2)m}{C_{nm}^3} = \frac{12(3nm - 3n - 3m + 2)}{nm(nm-1)(nm-2)}.$$

Для получения ответа в процентах остается умножить полученное выражение на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$n = 6, 7, \dots, 15; m = 6, 7, \dots, 15.$$

Ответ: $\frac{1200(3nm - 3n - 3m + 2)}{nm(nt - 1)(nt - 2)}.$

Задача II.2.3.5. (25 баллов)

Темы: алгебра, задача на максимум и минимум.

Условие

Найдите наименьшее значение выражения

$$\frac{(x^2 - ax + b)^2}{\left(x - \frac{a}{2}\right)^2}.$$

Решение

Заметим, что $x^2 - ax + b > 0$ при всех x . Тогда наименьшее значение выражения достигается в той же точке, что и для выражения

$$F = \frac{x^2 - ax + b}{\left|x - \frac{a}{2}\right|}.$$

Выделяя полный квадрат в числителе, получаем

$$\frac{x^2 - ax + b}{\left|x - \frac{a}{2}\right|} = \frac{\left|x - \frac{a}{2}\right|^2 + b - \frac{a^2}{4}}{\left|x - \frac{a}{2}\right|} = \left|x - \frac{a}{2}\right| + \frac{b - \frac{a^2}{4}}{\left|x - \frac{a}{2}\right|}.$$

Пусть $t = \left|x - \frac{a}{2}\right|$, $c = b - \frac{a^2}{4}$. Тогда

$$F = t + \frac{c}{t} = \sqrt{c} \left(\frac{t}{\sqrt{c}} + \frac{\sqrt{c}}{t} \right).$$

Сумма двух положительных взаимнообратных чисел не меньше 2, а значение 2 достигается, когда эти числа равны 1. Таким образом, наименьшее значение выражения F равно

$$2\sqrt{c} = 2\sqrt{b - \frac{a^2}{4}}.$$

Следовательно, наименьшее значение исходного выражение равно $4b - a^2$.

Погрешность 0.

Варианты

$$a = 3, 4, \dots, 10; b = 26, 27, \dots, 50.$$

Ответ: $4b - a^2$.

Вторая волна. Задачи 10–11 класса

Задача II.2.4.1. (15 баллов)

Темы: теория чисел, алгебра.

Условие

Число $\frac{n}{36^k}$ записали в 24-ичной системе счисления. Сколько знаков после запятой получилось?

Решение

Имеем $36 = 2^2 \cdot 3^2$, поэтому $36^k = 2^{2k} \cdot 3^{2k}$. Так как $24 = 2^3 \cdot 3$, то, умножив числитель и знаменатель на 2^{4k} , получим

$$\frac{n}{36^k} = \frac{2^{4k}n}{2^{6k} \cdot 3^{2k}} = \frac{2^{4k}n}{24^{2k}}.$$

Значит, данное число имеет $2k$ или меньше знаков после запятой. Поскольку n не делится на 3, то $2^{4k}n$ не делится на 24, а значит, число имеет ровно $2k$ знаков после запятой в 24-ичной системе счисления.

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 109, 112, \dots, 169; k = 3, 4, \dots, 15.$$

Ответ: $2k$.

Задача II.2.4.2. (20 баллов)

Темы: текстовая задача, логика.

Условие

Пастбище для овец ограждено забором в форме пятиугольника, в вершинах которого вбиты столбы. На территории пастбища вбили еще n столбов. Некоторые столбы соединили между собой непересекающимися бревнами так, что все пастбище разбилась на пятиугольные огражденные участки. Сколько таких участков получилось?

Решение

Рассмотрим граф, в котором вершины — столбы, вбитые внутри и на границе пастбища. Между вершинами проведено ребро, если соответствующие столбы соединены ограждением. Прямолинейные части забора по условию не пересекаются,

поэтому полученный граф — планарный. Следовательно, справедлива формула Эйлера $V - P + G = 2$, где V — число вершин, P — число ребер, G — число граней (грань — участок пастбища либо внешняя территория).

Число вершин известно: $V = n + 5$. Число участков, на которые разбито пастбище, равно $G - 1$.

Свяжем число ребер с числом граней. Назовем как-нибудь все грани и все ребра (можно, например, занумеровать их). Представим таблицу с двумя столбцами. Запишем в первый столбец все грани. Во втором столбце напротив соответствующей грани перечислим все ребра, которые ее ограничивают. Тогда каждое ребро встретится во втором столбце таблицы ровно два раза, так как каждое ребро отделяет две грани. Напротив каждой грани будет выписано 5 ребер. Таким образом, во втором столбце всего будет $5G = 2P$ записей. Поэтому $P = 5G/2$.

Возвращаясь к формуле Эйлера, находим

$$n + 5 - \frac{5G}{2} + G = 2.$$

Отсюда

$$G = \frac{2(n+3)}{3}.$$

Поэтому число участков, на которые разбито пастбище, равно $\frac{2(n+3)}{3} - 1$.

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 30, 33, \dots, 120.$$

Ответ: $\frac{2(n+3)}{3} - 1$.

Задача II.2.4.3. (20 баллов)

Темы: комбинаторика.

Условие

Туристическая компания предлагает экскурсионные программы по городу, в котором имеется N достопримечательностей. На ближайший сезон компании нужно составить k программ так, чтобы в каждой программе была хотя бы одна достопримечательность, и каждая достопримечательность города оказалась ровно в одной программе. Экскурсионные программы продаются независимо, поэтому их порядок неважен, а порядок обхода достопримечательностей в программе имеет значение (например, «Музей, Парк» и «Парк, Музей» — это разные программы; любая достопримечательность участвует в программе только один раз). Сколько вариантов организовать туристический сезон есть у компании?

Решение

Существует $N!$ способов выписать все N достопримечательностей. Обозначим j -ю достопримечательность через a_j .

Выпишем последовательность из всех N символов a_j в некотором порядке. Мы можем разбить выписанную последовательность на k групп, поставив $k - 1$ перегородку между какими-нибудь буквами. Всего есть $N - 1$ позиция, где можно поставить перегородку. Таким образом, существует C_{N-1}^{k-1} способов разбить выписанную последовательность на k групп.

Итак, имеется $N!C_{N-1}^{k-1}$ способов выписать все символы a_j вместе с разбиением их на k групп. Каждая такая строка соответствует некоторой организации туристического сезона. Однако по условию порядок групп (экскурсионных программ) неважен. Все описанные строки можно разбить на наборы по $k!$ строк, так что в каждом наборе строки отличаются только перестановкой групп. Каждый такой набор отвечает ровно одному способу организовать сезон. Следовательно, всего у туристической компании имеется

$$\frac{N!C_{N-1}^{k-1}}{k!}$$

вариантов.

Погрешность 0.

Варианты

$N = 10, 11, \dots, 20; k = 4, 5, 6, 7.$

Ответ: $\frac{N!C_{N-1}^{k-1}}{k!}.$

Задача II.2.4.4. (20 баллов)

Темы: стереометрия, геометрическая вероятность.

Условие

Из отрезка $[0, a]$ случайно выбираются три вещественных числа. Найдите вероятность того, что наибольшее число отличается от наименьшего не менее, чем на b .

Выразите ответ в процентах с точностью до 0,01.

Решение

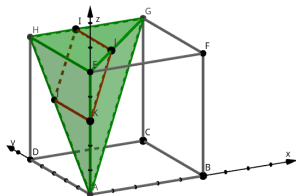
Выбирая три числа из $[0, a]$, назовем x — наименьшее из них, z — наибольшее, а y — лежащее между x и z . Выбор чисел x, y, z равносильно выбору точки $\alpha(x, y, z)$ в пространстве, удовлетворяющей условиям:

- так как $x, y, z \in [0, a]$, то точка α лежит в кубе $ABCDEFGH$ с координатами вершин: $A(0, 0, 0)$, $B(a, 0, 0)$, $C(a, a, 0)$, $D(0, a, 0)$, $E(0, 0, a)$, $F(a, 0, a)$, $G(a, a, a)$, $H(0, a, a)$;

- так как $x \leq y$, то точка α лежит по ту же сторону от плоскости $x = y$, что и точка H ;
- так как $y \leq z$, то точка α лежит по ту же сторону от плоскости $y = z$, что и точка E .

Пересекая три указанных множества (куб и два полупространства), получаем, что точка α выбирается случайно из тетраэдра $AGEH$.

Условию $z - x \geq b$ соответствуют те точки тетраэдра $AGEH$, которые лежат выше плоскости $z = x + b$. Эта плоскость пересекает тетраэдр в точках $K(0, 0, b)$, $L(a - b, a - b, a)$, $I(a - b, a, a)$, $J(0, b, b)$.



Искомая вероятность p равна отношению объемов многогранника $HEKJIL$ и тетраэдра $AGEH$.

Объем тетраэдра $AGEH$ равен

$$V_{AGEH} = \frac{1}{3}AE \cdot S_{GEH} = \frac{1}{3}a \cdot \frac{1}{2}a^2 = \frac{a^3}{6}.$$

Объем многогранника $HEKJIL$ вычислим как сумму объемов тетраэдров $IHEKJ$ и $KLEI$.

Имеем

$$S_{HEKJ} = S_{AHE} - S_{AJK} = \frac{1}{2}AE \cdot HE - \frac{1}{2}AK \cdot JK = \frac{1}{2}(a^2 - b^2).$$

Тогда

$$V_{IHEKJ} = \frac{1}{3}IH \cdot S_{HEKJ} = \frac{1}{3}(a - b) \cdot \frac{1}{2}(a^2 - b^2) = \frac{1}{6}(a - b)^2(a + b).$$

Далее площадь основания тетраэдра $KLEI$

$$S_{LEI} = S_{EGH} - S_{LCI} - S_{EIH} = \frac{1}{2}a^2 - \frac{1}{2}b^2 - \frac{1}{2}(a - b)a = \frac{1}{2}(a - b)b.$$

Тогда

$$V_{KLEI} = \frac{1}{3}KE \cdot S_{LEI} = \frac{1}{3}(a - b) \cdot \frac{1}{2}(a - b)b = \frac{1}{6}(a - b)^2b.$$

Значит, искомая вероятность

$$p = \frac{V_{IHEKJ} + V_{KLEI}}{V_{AGEH}} = \frac{\frac{1}{6}(a - b)^2(a + b) + \frac{1}{6}(a - b)^2b}{\frac{1}{6}a^3} = \frac{(a - b)^2(2b + a)}{a^3}.$$

Для получения ответа в процентах умножим полученное выражение на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$a = 8, 9, \dots, 16; b = 1, 2, \dots, 7.$$

Ответ: $\frac{100(a-b)^2(2b+a)}{a^3}$.

Задача II.2.4.5. (25 баллов)

Темы: алгебра, неравенства, экстремальные значения.

Условие

Найдите наибольшее значение выражения $y + bx$ при условии

$$\log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} 2x \geq 1.$$

Формат ответа: приближенный с точностью до 0,01.

Решение

Положим $m = y + bx$. Тогда $y = m - bx$ — уравнение прямой с угловым коэффициентом $-b$, которая отсекает отрезок m на оси Oy . Для любой точки (x_0, y_0) этой прямой получается одно и то же значение $m = y_0 + bx_0$. Таким образом, задача сводится к поиску такой точки, удовлетворяющей неравенству

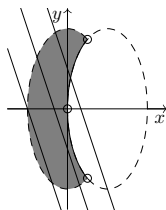
$$\log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} 2x \geq 1, \quad (\text{II.2.1})$$

которая лежала бы на прямой с наибольшим параметром m . В этой точке и будет достигаться наибольшее значение выражения $y + bx$.

Рассмотрим два случая. Первый: $0 < x^2 + \frac{y^2}{a^2} < 1$. Это неравенство задает внутренность эллипса с центром в начале координат и полуосями 1 (по оси x) и a (по оси y), центр эллипса и его граница исключаются. На этом множестве неравенство (II.2.1) равносильно

$$\log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} 2x \geq \log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} \left(x^2 + \frac{y^2}{a^2}\right) \iff 2x \leq x^2 + \frac{y^2}{a^2} \iff (x-1)^2 + \frac{y^2}{a^2} \geq 1.$$

Полученное неравенство задает границу и внешнюю часть эллипса с центром в точке $(1, 0)$ и полуосями 1 (вдоль оси x) и a (вдоль оси y). Пересечение этих областей показано на рисунке.

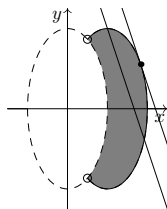


Рассматривая всевозможные прямые $y = m - bx$, проходящие через данную область (некоторые из этих прямых изображены на рисунке), видим, что наибольшего значения m не существует (можно сколь угодно близко приближать прямую к границе области).

Второй случай: $x^2 + \frac{y^2}{a^2} > 1$. Это неравенство задает внешность эллипса с центром в начале координат и полуосями 1 (по оси x) и a (по оси y), граница исключается. На этом множестве неравенство (II.2.1) равносильно

$$\log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} 2x \geq \log_{x^2 + \frac{y^2}{a^2}} \left(x^2 + \frac{y^2}{a^2} \right) \iff 2x \geq x^2 + \frac{y^2}{a^2} \iff (x-1)^2 + \frac{y^2}{a^2} \leq 1.$$

Полученное неравенство задает границу и внутреннюю часть эллипса с центром в точке $(1, 0)$ и полуосями 1 (вдоль оси x) и a (вдоль оси y). Пересечение этих областей показано на рисунке.



В этом случае наибольшее значение m соответствует прямой $y = m - bx$, касающейся эллипса в верхней его части. Найдем точку касания.

$$\begin{cases} (x-1)^2 + \frac{y^2}{a^2} = 1, \\ y = m - bx. \end{cases}$$

Подставляя значение y из второго уравнения в первое, имеем

$$x^2 - 2x + \frac{(m - bx)^2}{a^2} = 0 \iff x^2 \left(1 + \frac{b^2}{a^2} \right) - 2x \left(1 + \frac{mb}{a^2} \right) + \frac{m^2}{a^2} = 0.$$

Уравнение должно иметь единственное решение, значит, дискриминант, деленный на 4, равен нулю:

$$\frac{D}{4} = \left(1 + \frac{mb}{a^2} \right)^2 - \frac{m^2}{a^2} \left(1 + \frac{b^2}{a^2} \right) = 0.$$

Отсюда

$$m^2 - 2bm - a^2 = 0,$$

то есть $m = b \pm \sqrt{a^2 + b^2}$. Знак «-» перед корнем соответствует нижней точке касания, а знак «+» — верхней. Поэтому интересное значение $m = b + \sqrt{a^2 + b^2}$.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$a = 1, 2, \dots, 10; b = 1, 2, \dots, 10.$$

Ответ: $b + \sqrt{a^2 + b^2}$.

Третья волна. Задачи 8–9 класса

Задача П.2.5.1. (15 баллов)

Темы: алгебра, квадратный корень.

Условие

Решите уравнение

$$x^4 \cdot \sqrt{\frac{1}{x^2} - \frac{1}{x^3}} - x \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{x}} = r\sqrt{-x}\sqrt{1-x}.$$

Запишите ответ с точностью до 0,01 (если корней несколько, то запишите в ответе наибольший из них).

Решение

Так как в уравнении присутствуют выражения $\sqrt{-x}$ и $\frac{1}{x}$, то решениями могут быть только отрицательные значения x . Учитывая, что $x < 0$, имеем

$$x\sqrt{1 - \frac{1}{x}} = -\sqrt{x^2 \left(1 - \frac{1}{x}\right)} = -\sqrt{x^2 - x}.$$

Далее

$$x^4 \sqrt{\frac{1}{x^2} - \frac{1}{x^3}} = x^2 \cdot x^2 \sqrt{\frac{1}{x^2} - \frac{1}{x^3}} = x^2 \sqrt{x^2 - x}.$$

По свойству корня будет

$$\sqrt{-x}\sqrt{1-x} = \sqrt{-x(1-x)} = \sqrt{x^2 - x}.$$

Учитывая все сказанное, получаем равносильное исходному уравнение

$$x^2 \sqrt{x^2 - x} + \sqrt{x^2 - x} = r\sqrt{x^2 - x}.$$

Так как $x < 0$, то $x^2 - x > 0$, поэтому деление уравнения на $\sqrt{x^2 - x}$ не приведет к потере корней. Имеем

$$x^2 = r - 1.$$

Снова учитывая, что $x < 0$, находим единственный корень

$$x = -\sqrt{r-1}.$$

Погрешность 0,01.

Варианты

$$r = 3, 4, \dots, 50.$$

Ответ: $-\sqrt{r-1}$.

Задача II.2.5.2. (20 баллов)Темы: комбинаторика.**Условие**

В свой день рождения Алина решила приготовить фруктовый шашлык. Кусочки фруктов насаживаются на деревянную шпажку в следующих количествах: a кружков банана, b кубиков киви, c брусочков ананаса, и d долек мандарина. Сколько у Алины есть способов расположить фрукты на шпажке, если кусочки одного фрукта неотличимы, а шашлыки, получающиеся друг из друга переворотом шпажки, считаются одинаковыми?

Решение

Подсчитаем общее число шашлыков сначала без учета переворота шпажки. Если различать все кусочки фруктов (можно каждому назначить номер), то всего существует $(a + b + c + d)!$ способов расположить их. Однако перестановка фруктов одного вида не изменяет шашлык. Поэтому общее число способов

$$N = \frac{(a + b + c + d)!}{a!b!c!d!}.$$

Теперь подсчитаем количество шашлыков, которые не меняются при перевороте шпажки, то есть симметричных относительно середины. Поскольку число d нечетно, а числа a, b, c четны, то симметричные шашлыки существуют, в их середине располагается долька мандарина, а по разные стороны от середины располагаются все фрукты в равных количествах. Тогда общее число симметричных шашлыков

$$S = \frac{\left(\frac{a+b+c+(d-1)}{2}\right)!}{\frac{a!}{2} \cdot \frac{b!}{2} \cdot \frac{c!}{2} \cdot \frac{d-1!}{2}}.$$

Теперь будем считать одинаковыми шашлыки с точностью до переворота. Тогда симметричные шашлыки ранее были учтены один раз, а несимметричные — два раза. Поэтому количество несимметричных шашлыков с точностью до переворота равно $\frac{N-S}{2}$.

Добавляя к этому количеству число симметричных шашлыков, получаем, что всего у Алины способов

$$\frac{N-S}{2} + S = \frac{N+S}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{(a+b+c+d)!}{a!b!c!d!} + \frac{\left(\frac{a+b+c+(d-1)}{2}\right)!}{\frac{a!}{2} \cdot \frac{b!}{2} \cdot \frac{c!}{2} \cdot \frac{d-1!}{2}} \right).$$

Погрешность 0.

Варианты

$a = 2, 4, 6$; $b = 2, 4, 6$; $c = 2, 4, 6$; $d = 3, 5, 7$.

Ответ: $\frac{1}{2} \left(\frac{(a+b+c+d)!}{a!b!c!d!} + \frac{\left(\frac{a+b+c+(d-1)}{2}\right)!}{\frac{a!}{2} \cdot \frac{b!}{2} \cdot \frac{c!}{2} \cdot \frac{d-1!}{2}} \right)$.

Задача II.2.5.3. (20 баллов)Темы: вероятность, схема Бернулли.**Условие**

На Объединенной физико-математической олимпиаде участникам предлагается a задачи по математике и b задачи по физике. Михаил решает задачу по математике с вероятностью $P\%$, а задачу по физике — с вероятностью $Q\%$. С какой вероятностью Михаил решит на олимпиаде не менее двух задач?

Ответ дайте в процентах с точностью до 0,01.

Решение

Вычислим вероятность дополнительного события: Михаил решит на олимпиаде менее двух задач, то есть либо ни одной, либо ровно одну задачу. Далее используем обозначения $p = \frac{P}{100}$, $q = \frac{Q}{100}$.

Вероятность не решить ни одну задачу

$$P_0 = (1 - p)^a (1 - q)^b.$$

Вероятность решить ровно одну задачу

$$P_1 = ap(1 - p)^{a-1}(1 - q)^b + (1 - p)^a bq(1 - q)^{b-1}$$

(первое слагаемое — вероятность решить ровно одну задачу по математике, второе — ровно одну по физике).

Тогда искомая вероятность

$$P = 1 - (P_0 + P_1) = 1 - (1 - p)^a (1 - q)^b - ap(1 - p)^{a-1}(1 - q)^b - (1 - p)^a bq(1 - q)^{b-1}.$$

Для получения ответа в процентах умножим это выражение на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$a = 2, 3; b = 2, 3; P = 10, 15, \dots, 60; Q = 10, 15, \dots, 60.$$

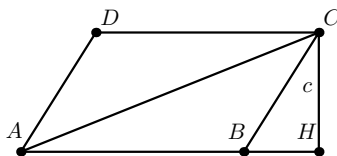
Ответ: $100(1 - (1 - \frac{P}{100})^a (1 - \frac{Q}{100})^b - a \frac{P}{100} (1 - \frac{P}{100})^{a-1} (1 - \frac{Q}{100})^b - (1 - \frac{P}{100})^a b \frac{Q}{100} (1 - \frac{Q}{100})^{b-1})$.

Задача II.2.5.4. (20 баллов)Темы: планиметрия, параллелограмм.**Условие**

Сумма длин смежных сторон параллелограмма равна p , а его высоты равны c и d . Найдите расстояние от вершины тупого угла параллелограмма до его большей диагонали.

Формат ответа: приближенный с точностью до 0,01.

Решение



Назовем вершины параллелограмма буквами A, B, C, D так, чтобы углы B и D были тупыми, а $AB > BC$. Искомое расстояние от вершины D до диагонали AC равно высоте h треугольника ACD , которую будем искать, используя формулу для площади

$$S_{ACD} = \frac{1}{2}AC \cdot h.$$

Так как площадь S_{ACD} в два раза меньше площади S параллелограмма, то

$$h = \frac{S}{AC}. \quad (\text{II.2.2})$$

Поскольку $S = c \cdot AB = d \cdot BC$, то $AB = \frac{d}{c} \cdot BC$. Но $AB + BC = p$, поэтому $\frac{d}{c} \cdot BC + BC = p$, откуда

$$BC = \frac{pc}{d+c}, \quad AB = \frac{pd}{d+c}.$$

Таким образом, площадь параллелограмма равна

$$S = c \cdot AB = \frac{pcd}{d+c}.$$

Теперь найдем длину диагонали AC . Проведем высоту CH параллелограмма. По теореме Пифагора для треугольника BHC имеем

$$BH = \sqrt{BC^2 - c^2}.$$

По теореме Пифагора для треугольника AHC имеем

$$AC = \sqrt{(AB + BH)^2 + c^2} = \sqrt{\left(\frac{pd}{d+c} + \sqrt{\left(\frac{pc}{d+c}\right)^2 - c^2}\right)^2 + c^2}.$$

По формуле (II.2.2) окончательно получаем

$$h = \frac{pcd}{d+c} \cdot \frac{1}{AC} = \frac{pcd}{\sqrt{(pd + c\sqrt{p^2 - (d+c)^2})^2 + c^2(d+c)^2}}.$$

Погрешность 0,01.

Варианты

$$c = 2, 3, \dots, 6; d = 7, 8, \dots, 11; p = 18, 19, \dots, 25.$$

Ответ: $\frac{pcd}{\sqrt{(pd + c\sqrt{p^2 - (d+c)^2})^2 + c^2(d+c)^2}}$.

Задача II.2.5.5. (25 баллов)

Темы: теория чисел, делимость, остатки.

Условие

Завод производит N холодильников в день. Каждый день нанимается одна из компаний-перевозчиков для развоза техники по торговым точкам. Первая компания перевозит всю технику, загрузив в каждый автомобиль по 5 холодильников. Автомобили второй загружаются по 7 холодильников, кроме последнего, перевозящего a штук. Третья загружает в автомобили по 8 холодильников, но для последней машины остается только b штук. Определите наименьшее возможное значение N , если известно, что $N \geq 280$.

Решение

По условию задачи составим систему уравнений

$$\begin{cases} N = 5k, & k \in \mathbb{Z}, \\ N = 7l + a, & l \in \mathbb{Z}, \\ N = 8m + b, & m \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

Из первого и второго уравнения системы следует

$$5k = 7l + a.$$

Чтобы определить значения k , удовлетворяющие этому уравнению, рассмотрим семь случаев, соответствующих возможным остаткам от деления на 7 числа k .

1. Если $k = 7x$, $x \in \mathbb{Z}$, то $5 \cdot 7x = 7l + a$. Поскольку a не делится на 7, то этот случай не дает решений.
2. Если $k = 7x + 1$, $x \in \mathbb{Z}$, то $5 \cdot 7x + 5 = 7l + a$. Если $a = 5$, то подходящие значения k имеют вид $7x + 1$, иначе этот случай не дает решений.
3. Если $k = 7x + 2$, $x \in \mathbb{Z}$, то $5 \cdot 7x + 10 = 7l + a$. Если $a - 10$ делится на 7, то есть $a = 3$, то подходящие k имеют вид $7x + 2$, иначе этот случай не дает решений.

Аналогично рассматриваются оставшиеся четыре случая. Подходящие значения k имеют вид $k = 7x + r$, где число $r \in [1, 6]$ определится однозначно.

Воспользуемся первым и третьим уравнением системы. Имеем

$$5k = 8m + b.$$

Учитывая найденный вид числа k , получаем

$$5(7x + r) = 8m + b \iff 35x = 8m + b - 5r.$$

Значения x подберем, перебирая возможные остатки от деления x на 8.

1. Если $x = 8y$, $y \in \mathbb{Z}$, то $35 \cdot 8y = 8m + b - 5r$. Если $b - 5r$ делится на 8, то подходящие значения x имеют вид $8y$, иначе этот случай не дает решений.
2. Если $x = 8y + 1$, $y \in \mathbb{Z}$, то $35 \cdot 8y + 35 = 8m + b - 5r$. Если $b - 5r - 35$ делится на 8, то подходящие значения x имеют вид $8y + 1$, иначе этот случай не дает решений.

Аналогично рассматриваются оставшиеся шесть случаев. Подходящие значения x имеют вид $x = 8y + q$, где число $q \in [0, 7]$ определится однозначно.

Таким образом,

$$N = 5k = 5(7x + r) = 5(7(8y + q) + r) = 280y + 35q + 5r.$$

Так как по условию $N \geq 280$, то наименьшее значение $N = 280 + 35q + 5r$ получается при $y = 1$.

Погрешность 0.

Варианты

$$a = 1, 2, \dots, 6; b = 1, 2, \dots, 7.$$

Ответ: $(105b + 120a) \% 280 + 280$, где $\alpha \% \beta$ — остаток от деления α на β .

Примечание: формула для ответа получена из общей теории систем линейных сравнений. Предполагается, что участники будут решать задачу методом перебора, как было описано выше, а не выводить данную формулу.

Третья волна. Задачи 10–11 класса

Задача II.2.6.1. (15 баллов)

Темы: теория чисел, комбинаторика.

Условие

Число n в b -ичной системе счисления записывается как 1000. Выписали все натуральные числа от 1 до n в той же системе счисления. Сколько среди выписанных чисел таких, в записи которых используется ровно две различные цифры?

Решение

Всего двузначных чисел, в записи которых ровно две различные цифры, равно $(b - 1)^2$ (на первом месте может быть любая цифра, кроме 0, а на втором — любая, кроме той, что на первом месте).

Множество нужных трехзначных чисел разобьем на 2 группы: в первой группе первые две цифры одинаковые, а во второй — разные. В первой группе чисел столько же, сколько двузначных чисел с двумя различными цифрами, то есть $(b-1)^2$. Для подсчета чисел во второй группе учтем, что первые две цифры можно выбрать $(b-1)^2$ способами, а третью цифру — двумя способами. Значит, всего во второй группе $2(b-1)^2$ чисел. А всего интересующих трехзначных будет $(b-1)^2 + 2(b-1)^2 = 3(b-1)^2$.

Также единственное выписанное в условии четырехзначное число использует в своей записи две различных цифры.

Итого имеется

$$(b-1)^2 + 3(b-1)^2 + 1 = 4(b-1)^2 + 1$$

интересующих нас чисел.

Погрешность 0.

Варианты

$$b = 20, 21, \dots, 50.$$

Ответ: $4(b-1)^2 + 1$.

Задача II.2.6.2. (20 баллов)

Темы: текстовая задача, логика.

Условие

Домашние часы со стрелками и цифровые часы синхронизованно показывают верное время. Ровно в полночь батарейка в часах со стрелками разрядилась до критического значения: раз в минуту скорость их хода стала меняться в $1 - \frac{1}{k}$ раз (первый раз стрелки замедлились, когда цифровые часы показали 00:00, затем 00:01 и т. д.; в течение каждой минуты скорость стрелок постоянна). Сколько минут будут показывать цифровые часы в момент, когда стрелочные часы вновь покажут верное время?

Решение

Пусть t — время в минутах, прошедшее с того момента, как стрелочные часы замедлились в первый раз, до момента, когда они вновь показали верное время. Пусть $n = \lfloor t \rfloor$ (здесь $\lfloor \cdot \rfloor$ — округление вниз до ближайшего целого).

Положим $q = 1 - \frac{1}{k}$. За n минут конец минутной стрелки преодолет количество минутных долей циферблата, равное

$$M = q + q^2 + q^3 + \dots + q^n = \frac{q(1 - q^n)}{1 - q}.$$

То есть в момент n минутная стрелка находится между делениями, отвечающими $\lfloor M \rfloor$ и $\lfloor M \rfloor + 1$ минутам.

Так как $q = 1 - \frac{1}{k} = \frac{k-1}{k}$, имеем

$$M = \frac{\frac{k-1}{k} \left(1 - \left(\frac{k-1}{k}\right)^n\right)}{1/k} = k-1 - (k-1) \left(\frac{k-1}{k}\right)^n.$$

Поскольку стрелочные часы покажут верное время не ранее, чем через 12 часов, то $n \geq 12 \cdot 60 = 720$. А так как $k < 100$, то

$$(k-1) \left(\frac{k-1}{k}\right)^n < 100 \left(\frac{99}{100}\right)^n \leq 100 \left(\frac{99}{100}\right)^{720} < 0,1.$$

Поэтому

$$\lfloor M \rfloor = \left\lfloor k-1 - (k-1) \left(\frac{k-1}{k}\right)^n \right\rfloor = k-2.$$

Аналогично, к моменту $n+1$ минутная стрелка пройдет

$$\frac{q(1-q^{n+1})}{1-q} = k-1 - (k-1) \left(\frac{k-1}{k}\right)^{n+1}$$

долей циферблата. Это число меньше $k-1$. А так как $t \in [n, n+1)$, то в момент времени t минутная стрелка будет между делениями, отвечающими $k-2$ и $k-1$ минутам. Следовательно, в момент t цифровые часы будут показывать количество минут, равное остатку от деления $k-2$ на 60.

Погрешность 0.

Варианты

$$k = 65, 66, \dots, 99.$$

Ответ: $(k-2)\%60$, где $x\%y$ — остаток от деления x на y .

Задача II.2.6.3. (20 баллов)

Темы: стереометрия, геометрическая вероятность.

Условие

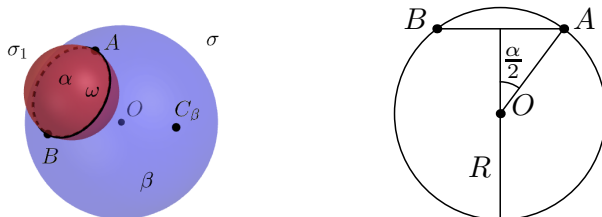
Точки A и B лежат на сфере с центром O так, что угол AOB равен α° . Случайно на сфере выбирается еще одна точка C (любой выбор равновозможен). Определите вероятность того, что угол ACB окажется острым.

Защитите ответ в процентах с точностью до 0,01.

Решение

Назовем данную сферу σ . Построим сферу σ_1 , для которой точки A и B диаметрально противоположны. При пересечении сфер σ и σ_1 получается окружность ω . Для произвольной точки C_ω , взятой на окружности ω , угол $AC_\omega B$ — прямой, поскольку он опирается на диаметр.

Окружность ω разбивает все множество точек на сфере на два множества, для которых ω — граница. Назовем α меньшую из них по площади, а β — большую. Границу ω в эти множества не включаем.



Рассмотрим произвольную точку C_α из множества α . Проведем плоскость через точки A, B и C_α . Эта плоскость пересечет сферу σ_1 по окружности, внутри которой лежит точка C_α . Это значит, что угол $AC_\alpha B$ — тупой.

Аналогично рассуждая, обнаружим, что для произвольной точки C_β из множества β угол $AC_\beta B$ — острый.

Таким образом, вероятность того, что угол ACB — острый, равна отношению площадей множеств σ и β . Пусть R — радиус сферы σ . Имеем

$$S_\sigma = 4\pi R^2.$$

Величину S_β найдем по формуле для площади сферической поверхности шарового сегмента:

$$S_\beta = 2\pi RH,$$

где H — высота шарового сегмента. Имеем

$$H = R + R \cos \frac{\alpha}{2} = R \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Таким образом, искомая вероятность равна

$$\frac{S_\beta}{S_\sigma} = \frac{2\pi R^2 \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right)}{4\pi R^2} = \frac{1 + \cos \frac{\alpha}{2}}{2}.$$

Для получения значения в процентах, домножим полученный результат на 100.

Погрешность 0,01.

Варианты

$$\alpha = 5, 10, \dots, 175.$$

Ответ: $50 \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right)$.

Задача II.2.6.4. (20 баллов)

Темы: теория чисел.

Условие

Саша придумал алгоритм шифрования пары целых чисел: первое заменяется на остаток от деления на m их суммы, а второе заменяется на остаток от деления на m их произведения. Саша выбрал два числа из промежутка $[2, m-1]$ и зашифровал их. Далее он изменил исходную пару, уменьшив на единицу второе число. Оказалось, что шифр новой пары отличается от шифра прежней перестановкой чисел. Определите числа, которые изначально выбрал Саша.

Запишите в ответ эти числа подряд без разделяющих символов. Например, если первое число 872, а второе число 43, то ответ должен быть 87243.

Решение

Пусть x, y — исходная пара чисел. Из условия задачи получаем систему

$$\begin{cases} x + y \equiv \alpha \pmod{m}, \\ xy \equiv \beta \pmod{m}, \\ x + y - 1 \equiv \beta \pmod{m}, \\ x(y - 1) \equiv \alpha \pmod{m}. \end{cases}$$

Вычитая из первого уравнения третье, получаем

$$1 \equiv \alpha - \beta \pmod{m}.$$

Вычитая из второго уравнения четвертое и используя полученное выше соотношение, находим

$$x \equiv \beta - \alpha \equiv -1 \pmod{m}.$$

Значит, $x = -1 + km$, где $k \in \mathbb{Z}$. Так как $2 \leq x \leq m-1$ (по условию), то $x = m-1$.

Подставим полученное значение x в первое и второе уравнения:

$$\begin{cases} m-1+y \equiv \alpha \pmod{m}, \\ (m-1)y \equiv \beta \pmod{m}. \end{cases} \iff \begin{cases} y-1 \equiv \alpha \pmod{m}, \\ -y \equiv \beta \pmod{m}. \end{cases}$$

Вычитая эти два уравнения, получаем

$$2y-1 \equiv \alpha - \beta \equiv 1 \pmod{m}.$$

То есть $2y \equiv 2 \pmod{m}$. Отсюда $y = 1 + \frac{qm}{2}$, где $q \in \mathbb{Z}$. Так как $2 \leq y \leq m-1$, то $y = 1 + \frac{m}{2}$.

Таким образом, $x = m-1$, $y = 1 + \frac{m}{2}$.

Погрешность 0.

Варианты

$$m = 10^6, 10^6 + 10^5, \dots, 10^7.$$

Ответ: $(m-1) \cdot 10^{\lfloor \log_{10}(1+m/2) + 1 \rfloor} + 1 + \frac{m}{2}$.

Задача II.2.6.5. (20 баллов)*Темы: графы, комбинаторика.***Условие**

В распоряжении парфюмера имеется n основных ароматов, среди которых k пар несовместимых. Какое наименьшее количество различных духов, составленных из трех ароматов, сможет создать парфюмер?

Решение

Оценка. Рассмотрим граф, в котором вершинами являются ароматы, а ребра соединяют совместимые ароматы. Представим сначала, что граф полный, а затем будем последовательно удалять ребра, соответствующие несовместимым ароматам.

Рассмотрим две произвольные вершины. Их можно соединить с третьей вершиной $n-2$ способами. Поэтому удаление одного ребра приводит к запрету не более чем $n-2$ видов духов. Поскольку всего k пар несовместимых духов, то, последовательно удаляя соответствующие ребра, мы запретим не более, чем $k(n-2)$ видов духов.

Всего троек ароматов C_n^3 . Поэтому возможных видов духов не менее

$$C_n^3 - k(n-2) = \frac{n(n-1)(n-2)}{6} - k(n-2) = (n-2) \left(\frac{n(n-1)}{6} - k \right).$$

Пример. Допустим, что каждый аромат, имеющийся в списке пар несовместимых, встречается только в одной такой паре (так как $k \leq n/2$, то такая ситуация возможна). Рассмотрим вершины A и B графа, соответствующие несовместимым ароматам. Вершина A соединена со всеми вершинами, кроме B , а вершина B соединена со всеми вершинами, кроме A . Тогда удаление ребра AB приводит к запрету ровно $n-2$ видов духов. Значит, последовательно удаляя из полного графа ребра, соответствующие несовместимым ароматам, мы запретим ровно $k(n-2)$ видов духов, а возможных духов будет ровно $(n-2) \left(\frac{n(n-1)}{6} - k \right)$.

Погрешность 0.

Варианты

$$n = 16, 17, \dots, 30; k = 4, 5, \dots, 8.$$

Ответ: $(n-2) \left(\frac{n(n-1)}{6} - k \right)$.

Предметный тур. Химия

Первая волна. Задачи 8–9 класса

Задача П.3.1.1. Превращения фосфора (15 баллов)

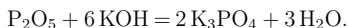
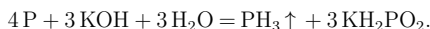
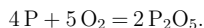
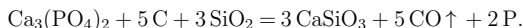
Темы: доля вещества в смеси, расчеты по уравнениям реакций с избытком реагентов.

Условие

Навеску ортофосфата кальция массой X г сплавляли с кварцевым песком и углем. Часть полученного белого фосфора (для расчетов принять формулу P) подвергли сгоранию. Полученная смесь фосфора и оксида фосфора (V) (для расчетов принять формулу P_2O_5) прореагировала с избытком концентрированного раствора гидроксида калия при нагревании. При этом выделился газ объемом 1,12 л (н. у.). Найдите массовую долю оксида фосфора (V) в смеси, полученной после сгорания, с точностью до десятых в процентах. При расчете атомные массы элементов округлите до целых.

Решение

Напишем все реакции, о которых идет речь в задаче:



При нормальных условиях $V_m = 22,4$ л/моль, тогда:

$$n_{\text{исх.}}(P) = 2n(Ca_3(PO_4)_2) = \frac{2X}{M(Ca_3(PO_4)_2)} = \frac{2X}{310}.$$

$$n_{\text{ост.}}(P) = 4n(PH_3) = 4 \cdot \frac{1,12}{V_m} = 4 \cdot \frac{1,12}{22,4}.$$

$$m_{\text{ост.}}(P) = 31n_{\text{ост.}}(P) = 31 \cdot 4 \cdot \frac{1,12}{22,4}.$$

$$m(P_2O_5) = 142 \cdot 0,5n_{\text{сгор.}}(P) = 71 \cdot (n_{\text{исх.}}(P) - n_{\text{ост.}}(P)) = 71 \cdot \left(\frac{2X}{310} - 4 \cdot \frac{1,12}{22,4} \right).$$

$$m_{\text{смеси}} = m(P_2O_5) + m_{\text{ост.}}(P).$$

$$\omega(P_2O_5) = 100\% \cdot \frac{m(P_2O_5)}{m_{\text{смеси}}}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X .

Погрешность вычислений $\pm 0, 1$.

Погрешность приведена для значения итогового ответа, который получается при подставлении X в формулу для автоматического расчета и округлении до десятых долей.

Формула для автоматического расчета

$$\omega = \left(\frac{71 \cdot (2 \cdot X/310 - 4 \cdot 1, 12/22, 4)}{71 \cdot (2 \cdot X/310 - 4 \cdot 1, 12/22, 4) + 31 \cdot 4 \cdot 1, 12/22, 4} \right) \cdot 100.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 62 | 899 | 93 |

Задача II.3.1.2. Плазмозамещающие растворы (15 баллов)

Темы: растворы, молярная концентрация.

Условие

В медицине в качестве плазмозамещающих средств при дегидратации различного генеза используют различные физиологические растворы. Для биологических жидкостей важным показателем является их осмотическое давление, которое определяется осмолярностью. **Осмолярность** — сумма молярных концентраций катионов, анионов и молекул неэлектролитов, т. е. всех кинетически активных частиц в 1 л раствора. Она выражается в миллиосмолях на литр (мосм/л).

Рассчитайте осмолярность раствора, приготовленного по схеме *раствора Три-соль*: натрия хлорид — X г, калия хлорид — Y г, натрия гидрокарбонат — Z г, вода для инъекций — до общего объема 1 л. При расчете осмолярности ответ округлите до целых.

Решение

Для решения необходимо рассчитать количество каждой из солей, затем количество ионов, образующихся при диссоциации этих солей.

Найдем молярные массы солей $M(\text{NaCl}) = 58, 5$ г/моль, $M(\text{KCl}) = 74, 5$ г/моль, $M(\text{NaHCO}_3) = 84$ г/моль.

$$C_{\text{осм}} = \frac{n(\text{кинетически активных частиц})}{V(\text{мосмоль/л})}.$$

$n(\text{NaCl}) = X/58, 5$; так как при растворении NaCl диссоциирует с образованием

двух ионов, количество частиц возрастает в 2 раза.

$$n(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2X}{58,5}.$$

$$n(\text{KCl}) = \frac{Y}{74,5}; \quad n(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2Y}{74,5}.$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{Z}{84}; \quad n(\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-) = \frac{2Z}{84}.$$

$$C_{\text{осм}} = (2X/58,5 + 2Y/74,5 + 2Z/84) \cdot 1000 = \text{мосм/л}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y, Z.

Ответ округляем до целых. Точность ± 2 .

Формула для автоматического расчета

$$C_{\text{осм}} = (2 \cdot X/58,5 + 2 \cdot Y/74,5 + 2 \cdot Z/84) \cdot 1500 = \text{мосм/л}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 4,8 | 5,3 | 0,05 |
| Y | 0,9 | 1,1 | 0,02 |
| Z | 3,8 | 4,3 | 0,05 |

Задача II.3.1.3. Аэропонная система (15 баллов)

Темы: ситифермерство, питательные растворы.

Условие

Ученые разработали питательный раствор для аэропонной системы. Для его приготовления используют 230 г навески сыпучего вещества, где компоненты А, В и С распределены в пропорции 5 : 2 : 3. Вычислите массу компонента В. Ответ дайте с точностью до сотых.

Решение

Вычислим долю каждого компонента:

$$230/(5 + 2 + 3) = 23 \text{ г} — \text{масса одной доли в пропорции.}$$

$$23 \cdot 2 = 46 \text{ г.}$$

Погрешность вычислений 0,01.

Формула для автоматического расчета

$$B = 2 \cdot 230/(A + B + C).$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| A | 5 | 5,5 | 0,1 |
| B | 2 | 2,7 | 0,01 |
| C | 3 | 5 | 0,1 |

Задача П.3.1.4. Зеленый осадок (15 баллов)

Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

При взаимодействии веществ А и В происходит выпадение изумрудно-зеленого осадка. Вещество А получили путем взаимодействия витерита и соляной кислоты, а вещество В термическим разложением перманганата калия.

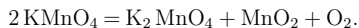
Установите массу изумрудно-зеленого осадка, если известно, что при получении веществ А и В совместно выделилось X л смеси газов (н. у.), пропустив которую через известковую воду выпало Y г осадка, а реакцию получения изумрудно-зеленого осадка проводили в избытке веществ А. Ответ приведите с точностью до десятых.

Решение

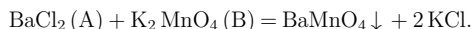
Составим уравнения реакций получения веществ А и В. Витерит — это минерал, основу которого составляет карбонат бария, поэтому реакция получения А выглядит следующим образом:



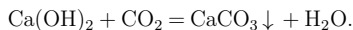
Реакция термического разложения перманганата калия выглядит следующим образом:



Теперь нужно понять, какие компоненты взаимодействуют между собой с получением изумрудно-зеленых кристаллов. Исходя из наших условий, можно установить, что кристаллы такого цвета — это кристаллы манганата бария, которые можно получить путем взаимодействия водорастворимых солей бария с манганом калия:



Затем установим массу выпавшего изумрудно-зеленого осадка. При пропускании углекислого газа через известковую воду происходит выпадение осадка карбоната кальция:



Тогда количество вещества выделившегося углекислого газа равно:

$$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CaCO}_3} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{Y}{100}.$$

Из этого можно установить объем выделившегося кислорода при получении В:

$$V_{O_2} = V - V_{CO_2} = V - \vartheta_{CO_2} \cdot V_m = X - \vartheta_{CO_2} \cdot 22,4 = X - \frac{Y \cdot 22,4}{100}.$$

Тогда рассчитаем количество вещества В, вступившего в реакцию с А:

$$\vartheta_B = \vartheta_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_m} = \frac{X - \frac{Y \cdot 22,4}{100}}{22,4}.$$

Осталось рассчитать массу изумрудно-зеленого осадка:

$$m_{oc} = \vartheta_{oc} \cdot M_{oc} = \vartheta_B \cdot M_{oc} = \frac{X - \frac{Y \cdot 22,4}{100}}{22,4} \cdot 256.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X и Y.

Погрешность 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$\left(X - \frac{Y \cdot 22,4}{100} \right) \cdot 256 / 22,4.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 33,6 | 42 | 2,8 |
| Y | 100 | 145 | 5 |

Задача П.3.1.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

Широкое применение во всех областях человеческой деятельности находят полимерные материалы. Из полиметилметакрилата, также известного как органическое стекло (оргстекло), изготавливают осветительную технику, детали наружной рекламы, витрины, оборудование ванных комнат, декоративные элементы, аквариумы и даже корпуса барабанов. Этот полимер используется для остекления самолетов и катеров, а биосовместимость и пластичность обуславливают его ценность в производстве линз для офтальмологии.

Синтез мономера — метилметакрилата — зачастую основывается на метакриловой кислоте, и ее остаточное содержание в продукции строго контролируется с помощью титрования — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи известной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

1. Рассчитайте массу навески гидроксида калия, которую необходимо количественно перенести в мерную колбу емкостью 250 мл и довести до метки дистиллированной водой для получения W % масс. раствора щелочи. Плотность раствора примите P г/л. Массу введите в г с точностью до сотых.

Решение

Масса раствора $m_{p-p} = \rho V$.

Масса щелочи $m_{\text{кон}} = m_{p-p} \omega = \rho V \omega = \rho \left(\frac{r}{l}\right) \cdot \frac{250}{1000} \cdot \omega \frac{(\%)}{100}$ [г].

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$0,0025 \cdot P \cdot W.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| W | 0,3 | 2 | 0,1 |
| P | 1000 | 1030 | 1 |

2. Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 10,0 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение



Количества веществ равны $n_{\text{кон}} = C_{\text{кон}} V_{\text{кон}} = n_{\text{нсл}} = C_{\text{нсл}} V_{\text{нсл}}$, откуда концентрация щелочи:

$$C_{\text{кон}} = \frac{C_{\text{нсл}} V_{\text{нсл}}}{V_{\text{кон}}} = \frac{C_{\text{нсл}}(\text{моль/л}) V_{\text{нсл}}(\text{мл})}{10(\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{10}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 0,8 | 1,3 | 0,004 |

3. Для количественной характеристики содержания кислоты применяют условный химический показатель — кислотное число. Кислотным числом (КЧ) называют массу (в мг) гидроксида калия, необходимую для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества. Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г метилметакрилата, прилили 15 мл нейтрализованного этилового спирта и растворили навеску. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{КОН}} = C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}}$, откуда масса щелочи:

$$m_{\text{КОН}} = n_{\text{КОН}}M_{\text{КОН}} = 56 \cdot C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}},$$

откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{КОН}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{КОН}} (\text{моль/л}) V_{\text{КОН}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$56 \cdot V \cdot L/m.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 8 | 12 | 0,004 |
| L | 0,05 | 0,15 | 0,002 |
| V | 3,5 | 6,5 | 0,1 |

Задача II.3.1.6. Это просто жесть (20 баллов)

Темы: смеси веществ, массовые доли, атомистика, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

Своему успешному продвижению в мире **жесть** обязана созданию консервной банки. Объявленную награду 12000 франков за метод консервирования продуктов для французской армии получил француз Николя Аппер, коммерсант из Манчестера, а Питер Дюран в 1810 году впервые запатентовал идею использования жестяных банок для консервирования.

Жесть — холоднокатаная отожженная листовая сталь толщиной 0,10–0,36 мм с нанесенными защитными покрытиями из Sn или специальными покрытиями, например, Zn, Ni и др. Жесть консервная (пищевая) используется для производства тары под пищевые продукты и укупорочных изделий (крышки для закатывания, легковскрываемые крышки и пр.).

Рассчитайте состав (%) компонентов материала банки для консервов, если известно, что при обработке 100,00 г навески сплава из железа, кремния и никеля разбавленной азотной кислотой выделился газ. В данной порции содержится $3,56 \cdot 10^{24}$ электронов никеля.

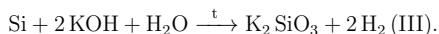
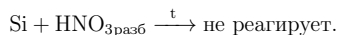
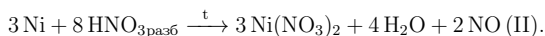
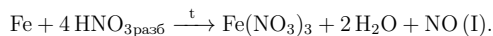
При обработке другой равной по массе порции сплава 25,00% (Q) раствором гидроксида калия массой 448,00 (W) г, выделился другой газ; при этом щелочь прореагировала полностью.

В ответе укажите **массовую долю железа в сплаве** (округлите до целого числа).

Справочные данные ($A_{r_{\text{Fe}}} = 56$ г/моль; $A_{r_{\text{Ni}}} = 59$ г/моль; $A_{r_{\text{Si}}} = 28$ г/моль; число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ шт.).

Решение

Реакция 1 разбавленная азотная кислота реагирует с металлами.



Расчеты по гидроксиду калия:

$$\omega = \frac{112}{448} \cdot 100\% = 25\%.$$

$$0,5n\text{KOH} = 0,5 \cdot n\text{H}_2 = n\text{Si} = 1 \text{ моль}.$$

$$n(\text{Si}) = \frac{n(\text{KOH})}{2} = \frac{W \cdot Q}{2 \cdot M(\text{KOH}) \cdot 100} \text{ моль}.$$

$$m(\text{Si}) = \frac{W \cdot Q \cdot M(\text{Si})}{200 \cdot M(\text{KOH})} = \frac{W \cdot Q \cdot 28}{200 \cdot 56}.$$

$$m(\text{Si}) = 0,0025 \cdot W \cdot Q \text{ г}.$$

$$n_e\text{Ni} = \frac{3,56 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 5,9136 \text{ моль}.$$

$$n\text{Ni} = \frac{5,9136}{28} = 0,2112 \text{ моль}.$$

$$m\text{Ni} = 0,2112 \cdot 59 = 12,4608 \text{ г}.$$

$$m\text{Fe} = 100 - 28 - 12,46 = 59,5392 \text{ г}.$$

Расчет массовой доли металлов в сплаве:

$$\omega_{\text{Э}} = \frac{n \cdot Ar_{\text{Э}}}{m_{\text{сплава}}} \cdot 100\%.$$

$$\omega_{\text{Fe}} = 59,54\%.$$

$$m\text{Si} = 28\%.$$

$$\omega_{\text{Ni}} = 12,46\%.$$

Ответ: $\omega_{\text{Fe}} = 60\%$. Проверка:

$$\omega_{\text{Fe}} = 100 - 0,0025 \cdot W \cdot Q - 12,4608 = 100 - 0,0025 \cdot 448 \cdot 25 - 12,4608 = 59,5392 \text{ г}.$$

Погрешность ± 2 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений Q, Z и W.

Формула для автоматического расчета

$$\omega_{\text{Fe}} = 100 - 0,0025 \cdot W \cdot Q - 12,4608.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| W | 448 | 450 | 0,1 |
| Q | 25 | 25,5 | 0,005 |

Задача II.3.1.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Темы: химия России.

Условие

Новое — «хорошо забытое» старое: научный приоритет разработки «сойлентов».

Советский ученый, о котором пойдет речь, был в детстве очень увлечен химией, стал врачом-лечебником, имел степень кандидата биологических наук. На основе его работ по биохимической токсикологии была предложена интересная классификация ядов и лекарств, основанная на принципе ферментного механизма их действия. Он заложил научные основы экспертизы и безопасности пищевых продуктов. Именно этот ученый изменил научные подходы в нутрициологии, предложив рассматривать вопросы питания не через призму физиологии, как было раньше, а с позиции биохимии, исследуя процессы, вызванные поступлением пищи в организм и ее превращением, на клеточном уровне.

Впервые под его руководством были составлены дифференцированные нормы питания для отдельных групп населения с учетом возраста (детское питание, диетическое питание), профессии (космонавты, спортсмены) и региона проживания. Считал, что «именно режим сбалансированного питания создаст условия для увеличения продолжительности жизни и трудоспособности каждого и, соответственно, повлияет на здоровье будущих поколений».

Назовите фамилию ученого-биохимика.

1. Алексей Алексеевич Покровский.
2. Федор Федорович Эрисман.
3. Виктор Александрович Тутельян.
4. Игорь Михайлович Скурихин.
5. Михаил Михайлович Шемякин.
6. Александр Яковлевич Данилевский.
7. Александр Михайлович Бутлеров.
8. Иван Петрович Павлов.
9. Юрий Анатольевич Овчинников.
10. Александр Абрамович Воскресенский.

Ответ: 1.

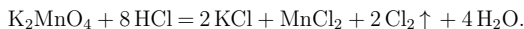
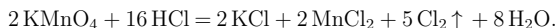
Первая волна. Задачи 10–11 класса

Задача II.3.2.1. Внимание, газы! (15 баллов)

Темы: вещества, расчеты по уравнениям реакций с избытком реагентов.

Условие

Твердый перманганат калия массой X г термически разложили, при этом выделилось 1,12 л газа (н. у.). К оставшемуся твердому остатку добавили избыток концентрированной соляной кислоты, в результате чего выделился другой газ. Найдите объем выделившегося газа в л с точностью до десятых (н. у.).

Решение

$$n(\text{O}_2) = \frac{1,12}{22,4}.$$

$$n_{\text{исх.}}(\text{KMnO}_4) = \frac{X}{158}.$$

$$n_{\text{разл.}}(\text{KMnO}_4) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot \frac{1,12}{22,4}.$$

$$n_{\text{ост.}}(\text{KMnO}_4) = n_{\text{исх.}}(\text{KMnO}_4) - n_{\text{разл.}}(\text{KMnO}_4) = \frac{X}{158} - 2 \cdot \frac{1,12}{22,4}.$$

$$n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = n(\text{MnO}_2) = n(\text{O}_2) = \frac{1,12}{22,4}.$$

$$\begin{aligned} n(\text{Cl}_2) &= n(\text{MnO}_2) + 2n(\text{K}_2\text{MnO}_4) + 2,5n_{\text{ост.}}(\text{KMnO}_4) = \\ &= \frac{1,12}{22,4} + 2 \cdot \frac{1,12}{22,4} + 2,5 \cdot \left(\frac{X}{158} - 2 \cdot \frac{1,12}{22,4} \right). \end{aligned}$$

$$V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot V_m = n(\text{Cl}_2) \cdot 22,4.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X .

Погрешность вычислений $\pm 0,1$.

Погрешность приведена для значения итогового ответа, который получается при подставлении X в формулу для автоматического расчета и округлении до десятых долей.

Формула для автоматического расчета

$$V(\text{Cl}_2) = 22,4 \cdot \left(\frac{1,12}{22,4} + 2 \cdot \frac{1,12}{22,4} + 2,5 \cdot \left(\frac{X}{158} - 2 \cdot \frac{1,12}{22,4} \right) \right).$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 40 | 391 | 39 |

Задача П.3.2.2. Цикл трикарбоновых кислот (20 баллов)

Темы: органическая химия, уравнения химических реакций, выход продукта реакции.

Условие

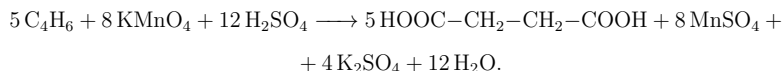
Углеводород, в котором количество атомов водорода в полтора раза больше атомов углерода, при окислении перманганатом калия в кислой среде образует кислоту, являющуюся участником цикла Кребса. Цикл Кребса (в биохимии используется и другое название — цикл трикарбоновых кислот (ЦТК)) — это цепочка химических реакций, происходящих в митохондриях каждой клетки организма.

Определите объем углекислого газа (н. у.), образующегося при сжигании X г данной кислоты, при условии, что реакция горения идет с выходом Y%. Объем газа определить в л, ответ округлите до сотых.

Решение

Исходя из соотношения атомов углерода и водорода, определяем структуру углеводорода: $n(\text{C}) : n(\text{H}) = 1 : 1,5 = 2 : 3$, молекулярная формула C_2H_3 — не существует, следовательно, формула элементарная. Удваивая ее, получаем C_4H_6 , что соответствует бутину, бутадиену и циклобутену.

При окислении перманганатом калия только последний углеводород (циклобутен) образует кислоту — участницу цикла Кребса — янтарную кислоту.



Согласно уравнению горения янтарной кислоты определяем объем углекислого газа:



$$n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4) = \frac{m}{M} = \frac{X}{118}.$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{8}{2} n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4) = 4 \cdot \frac{X}{118} \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = 4 \cdot 22,4 \cdot \frac{X}{118} = 89,6 \cdot \frac{X}{118} \text{ л.}$$

Объем углекислого газа, с учетом выхода продукта реакции:

$$V(\text{CO}_2) = \left(89,6 \cdot \frac{X}{118} \right) \cdot \frac{Y}{100} \text{ л.}$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y.

Погрешность вычислений. Ответ округляем до сотых. Точность $\pm 0,02$.

Формула для автоматического расчета

$$V(\text{CO}_2) = \left(89,6 \cdot \frac{X}{118} \right) \cdot \frac{Y}{100} \text{ л.}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 5,9 | 35,4 | 5,9 |
| Y | 70 | 100 | 5 |

Задача II.3.2.3. Приготовление пищи (15 баллов)

Темы: получение энергии.

Условие

В походных условиях для приготовления пищи используется газовая горелка. Вычислите объем газа (н. у.), который необходим для разогрева 500 мл (X) супа, если известно, что 1 моль этого газа при сгорании выделяет 800 кДж (Y), а для нагревания л супа необходимо затратить 320 кДж. Ответ дайте в л с точностью до сотых.

Решение

Необходимо затратить $320 \text{ кДж} \cdot 0,5 = 160 \text{ кДж}$.

Тогда $V = 22,4 \text{ л} \cdot 160 \text{ кДж} / 800 \text{ кДж} = 4,48 \text{ л}$.

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y.

Погрешность вычислений $\pm 0,1$.

Формула для автоматического расчета

$$V = 22,4 \cdot 320 \cdot 0,001 \cdot \frac{X}{Y}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 500 | 1500 | 10 |
| Y | 800 | 1000 | 5 |

Задача II.3.2.4. Сгорели углеводороды (15 баллов)

Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

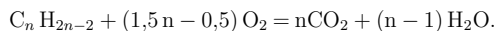
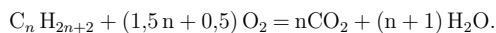
Условие

При сжигании смеси, содержащей X% алкана и остальное количество алкина по объему, выделилось Y л (н. у.) углекислого газа. Установите объем насыщенного

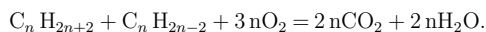
углеводорода в исходной смеси, если известно, что количество углеродов в обоих исходных газах равно Z . Ответ приведите с точностью до десятых.

Решение

Составим уравнения реакций:



Теперь составим результирующее уравнение:



Установим общий объем исходных газов:

$$V = \vartheta_r \cdot V_m = \frac{\vartheta_{CO_2}}{n} \cdot V_m = \frac{V_{CO_2}}{n \cdot V_m} \cdot V_m = \frac{V_{CO_2}}{n} = \frac{Y}{Z}.$$

Тогда объем насыщенного углеводорода:

$$V_n = \frac{X\% \cdot V}{100\%} = \frac{X\% \cdot \frac{Y}{Z}}{100\%}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X и Y .

Погрешность вычислений 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{X \cdot Y}{Z \cdot 100}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 40 | 60 | 10 |
| Y | 112 | 224 | 22,4 |
| Z | 2 | 4 | 1 |

Задача П.3.2.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

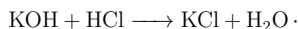
Широкое применение во всех областях человеческой деятельности находят полимерные материалы. Из полиметилметакрилата, также известного как органическое стекло (оргстекло), изготавливают осветительную технику, детали наружной рекламы, витрины, оборудование ванных комнат, декоративные элементы, аквариумы и даже корпуса барабанов. Этот полимер используется для остекления самолетов и катеров, а биосовместимость и пластичность обуславливают его ценность в производстве линз для офтальмологии.

Синтез мономера — метилметакрилата — зачастую основывается на метакриловой кислоте, и ее остаточное содержание в продукции строго контролируется с помощью титрования — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи точной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

1. Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 10 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение



Количества веществ равны

$$n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}},$$

откуда концентрация щелочи

$$C_{\text{KOH}} = \frac{C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}} = \frac{C_{\text{HCl}} (\text{моль/л}) V_{\text{HCl}} (\text{мл})}{10 (\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{10}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 0,8 | 1,3 | 0,004 |

2. Для количественной характеристики содержания кислоты применяют условный химический показатель — кислотное число. Кислотным числом (КЧ) называют массу (в мг) гидроксида калия, необходимую для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г метилметакрилата, прилили 15 мл нейтрализованного этилового спирта и растворили навеску. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{КОН}} = C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}}$, откуда масса щелочи $m_{\text{КОН}} = n_{\text{КОН}}M_{\text{КОН}} = 56 \cdot C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}}$, откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{КОН}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{КОН}} (\text{моль/л}) V_{\text{КОН}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{56 \cdot V \cdot L}{m}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 8 | 12 | 0,004 |
| L | 0,05 | 0,15 | 0,002 |
| V | 3,5 | 6,5 | 0,1 |

3. Продажный метиловый эфир метакриловой кислоты, применяемый в промышленности пластмасс, должен содержать не более 0,2% масс. метакриловой кислоты. Определите содержание метакриловой кислоты (2-метил-2-пропеновой кислоты) в метакрилате, если известно, что его кислотное число составляет Z . Считайте, что вся кислотность мономера обусловлена содержанием метакриловой кислоты; в ответе приведите массовую долю (%) с точностью до сотых.

Решение

Масса щелочи (мг) в 1 г образца равна кислотному числу K , откуда количество вещества щелочи равно

$$n_{\text{КОН}} = \frac{m_{\text{КОН}}}{M_{\text{КОН}}} = \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{КОН}}}.$$

Метакриловая кислота содержит одну карбоксильную группу, а значит является одноосновной, реагируя с щелочью в соотношении 1 : 1. Тогда

$$n_{\text{к-та}} = n_{\text{КОН}}, \quad m_{\text{к-та}} = M_{\text{к-та}} \cdot \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{КОН}}},$$

откуда массовая доля составляет

$$\omega = \frac{m_{\text{к-га}}}{m_{\text{образца}}} = \frac{M_{\text{к-га}} \cdot m_{\text{КОН}}}{1 \cdot 1000 \cdot M_{\text{КОН}}} = \frac{86 \cdot K}{1 \cdot 1000 \cdot 56} \cdot 100\%.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{(Z/(1000 \cdot 56)) \cdot 86}{1} \cdot 100.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| Z | 0,1 | 3 | 0,03 |

Задача II.3.2.6. Многофункциональное соединение (20 баллов)

Темы: смеси веществ, массовые доли, органическая химия, расчеты по уравнениям реакций.

Условие



Этилен является важнейшим компонентом мировой нефтехимической промышленности, служащим основным строительным блоком для производства различных химикатов и пластмасс. Важность этилена нельзя недооценивать, поскольку он играет решающую роль в стимулировании экономического роста и инноваций во всем мире. Этилен также рассматривается как многофункциональный фитогормон, который регулирует процессы роста и старения в зависимости от его концентрации, сроков применения и видов растений; данный процесс в пищевой промышленности называется **газация** и его используют поставщики сельхозпродукции.

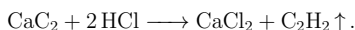
Для синтеза полиэтилена тоже используют этилен. Пищевой полиэтилен (Food Grade Polyethylene, FG polyethylene) — общее наименование для всех марок полиэтилена (ПЭНД, ВМПЭ, СВМПЭ и т. д.), применяемых в пищевой промышленности и/или контактирующих с питьевой водой. Важное требование — отсутствие влияния на состав и цвет продуктов при непосредственном контакте. Полиэтилен также

дополнительно обеспечивает эксплуатационные характеристики (стойкость к истиранию, прочность), что повышает его маркетинговую популярность.

К навеске технического карбида кальция, имеющего массу 500 (А) г и содержащего 18 (В) % инертных примесей, добавили навеску карбида алюминия, перемешали и растворили в соляной кислоте. При этом объем выделившегося газа составил 183,68 (Q) л. Полученную смесь газов некоторое время пропускали над никелевым катализатором при 750 °С. Затем добавляли водород до тех пор, пока смесь не стала однородной по алкену. Выход продукта составил 82,2%. Рассчитайте массу **хлора** в г, необходимого для присоединения к этилену (ответ округлите до целого числа).

Решение

Реакция 1.



Объем ацетилена определим по формуле: $V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot n$. Необходим предварительный расчет количества чистого вещества карбида кальция $n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2}$.

Если в техническом карбиде кальция содержится 18% примесей, то массовая доля чистого вещества составляет 82%.

$$n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = \frac{m(\text{смеси}) \cdot \omega(\text{CaC}_2 \text{ чист.})}{M \cdot 100\%} = \frac{500 \cdot 0,82}{64} = 6,4 \text{ моль.}$$

Пусть $n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = x$ моль и $n_{\text{Al}_4\text{C}_3} = y$ моль.

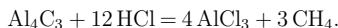
$$n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 6,4 \text{ моль.}$$

$$V_{\text{C}_2\text{H}_2} = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 6,4 \text{ моль} = 143,36 \text{ л.}$$

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{C}_2\text{H}_2} + V_{\text{CH}_4} = 143,36 + 40,32 = 183,68 \text{ л.}$$

$$V_{\text{CH}_4} = 40,32 \text{ л.}$$

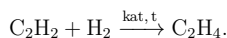
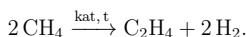
$$n_{\text{CH}_4} = 1,8 \text{ моль.}$$



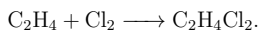
$$3n_{\text{CH}_4} = n_{\text{Al}_4\text{C}_3}.$$

Зная мольную долю выхода продукта реакции, определим практический выход этилена:

$$n_{\text{пр. C}_2\text{H}_4} = \eta \cdot n_{\text{теор. C}_2\text{H}_4}.$$



$$n_{\text{C}_2\text{H}_4 \text{ общ}} = \left(x + \frac{3y}{2} \right) \text{ моль.}$$



$$n_{\text{C}_2\text{H}_4} = n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}.$$

η -практический выход в долях.

$$m_{\text{Cl}_2} = \left(x + \frac{3y}{2} \right) \cdot \eta \cdot 71.$$

$$m_{\text{Cl}_2} = (6,4 + 0,9) \cdot 0,822 \cdot 71 = 426 \text{ г.}$$

Ответ: 426. Проверка:

$$m_{\text{Cl}_2} = \left(\frac{0,5 \cdot 500 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18)}{64} + 0,02232 \cdot 183,68 \right) \cdot 0,71 \cdot 82,2 = 426,2082.$$

$$m_{\text{Cl}_2} = \left(\frac{0,5 \cdot 366 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16)}{64} + 0,02232 \cdot 157,92 \right) \cdot 0,71 \cdot 82,2 = 346,2136.$$

Погрешность ± 2 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений Q, A и B.

Формула для автоматического расчета

$$m_{\text{Cl}_2} = \left(\frac{0,5 \cdot A \cdot (1 - 0,01B)}{64} + 0,02232 \cdot Q \right) \cdot 58,362.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| Q | 157,92 | 183,68 | 0,5 |
| A | 366 | 500 | 0,5 |
| B | 16 | 20 | 0,05 |

Задача П.3.2.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Темы: химики России.

Условие

Этот ученый был автором теории цепных реакций, за что стал единственным лауреатом Нобелевской премии по химии в Советском Союзе. Он показал радикальный механизм цепного процесса, а также установил роль энергетических процессов в развитии цепных реакций при повышенных температурах.

1. Петр Леонидович Капица.
2. Николай Николаевич Семенов.
3. Александр Порфирьевич Бородин.
4. Сергей Васильевич Лебедев.
5. Александр Николаевич Несмеянов.
6. Николай Дмитриевич Зелинский.
7. Михаил Григорьевич Кучеров.
8. Александр Михайлович Бутлеров.
9. Александр Михайлович Зайцев.
10. Владимир Васильевич Марковников.

Ответ: 2.

Вторая волна. Задачи 8–9 класса

Задача П.3.3.1. Превращения металла (15 баллов)

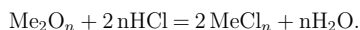
Темы: нахождение элемента по молярной массе, металлы и их соединения.

Условие

Навеска оксида неизвестного металла массой X г прореагировала с избытком раствора соляной кислоты. Полученный раствор упарили и получили сухой хлорид неизвестного металла массой 29,3 г. Определите металл, в поле для ответа введите его молярную массу с точностью до целых. Полученная масса металла имеет погрешность ± 1 г/моль.

Решение

Задача решается перебором. Любой оксид можно представить в виде Me_2O_n .



Примем молярную массу неизвестного металла за M , тогда:

$$M(\text{Me}_2\text{O}_n) = 2M + 16n; \quad M(\text{MeCl}_n) = M + 35,5n.$$

Составим систему уравнений с учетом коэффициентов в уравнении реакции:

$$\frac{2X}{2M + 16n} = \frac{29,3}{M + 35,5n}.$$

Таким образом при $n = 2$, $M = \frac{71X - 16 \cdot 29,3}{29,3 - X}$.

| n | 1 | 2 |
|--------------|-----------------------|---|
| M | 56 | 112 |
| Me | Fe | Cd |
| Оксид | Me_2O | $\text{Me}_2\text{O}_2 \equiv \text{MeO}$ |

У железа нет оксида Fe_2O , следовательно, по условию задачи подходит Cd.

Ответ: 112.

Погрешность вычислений ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$M = \frac{71 \cdot X - 16 \cdot 29,3}{29,3 - X}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 20,43 | 20,52 | 0,01 |

Задача П.3.3.2. Осмолярность (15 баллов)

Темы: растворы, молярная концентрация.

Условие

В медицине в качестве плазмозаменяющих средств при дегидратации различного генеза используют различные физиологические растворы. Для биологических жидкостей важным показателем является их осмотическое давление, которое определяется осмолярностью. **Осмолярность** — сумма молярных концентраций катионов, анионов и молекул неэлектролитов, т. е. всех кинетически активных частиц в 1 л раствора. Она выражается в миллиосмолях на литр (мосм/л).

Рассчитайте осмолярность раствора, приготовленного по схеме *раствора Рингера*: натрия хлорид — X г, калия хлорид — Y мг, кальция хлорид — Z мг, вода для инъекций — до общего объема 1 л. Ответ округлите до целых.

Решение

Для решения необходимо рассчитать количество каждой из солей, затем количество ионов, образующихся при диссоциации этих солей.

Найдем молярные массы солей $M(\text{NaCl}) = 58,5$ г/моль, $M(\text{KCl}) = 74,5$ г/моль, $M(\text{CaCl}_2) = 111$ г/моль.

$$C_{\text{осм}} = \frac{n(\text{кинетически активных частиц})}{V(\text{мосмоль/л})}.$$

$n(\text{NaCl}) = X/58,5$, так как при растворении NaCl диссоциирует с образованием двух ионов, количество частиц возрастает в 2 раза.

$$n(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2X}{58,5}.$$

$$n(\text{KCl}) = \frac{Y}{74,5}; n(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2Y}{74,5}.$$

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{Z}{111}; n(\text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-) = \frac{3Z}{111}.$$

$$C_{\text{осм}} = \left(\frac{2X}{58,5}\right) \cdot 1000 + \frac{2Y}{74,5} + \frac{3Z}{111} = \text{мосм/л}.$$

Y, Z — подставляются в мг.

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y, Z.

Ответ округлите до целых. Точность ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$C_{\text{осм}} = \left(\frac{2X}{58,5} \right) \cdot 1000 + \frac{2Y}{74,5} + \frac{3Z}{111} = \text{мосм/л.}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| X | 8,4 | 8,8 | 0,05 |
| Y | 280 мг = 0,280 г | 320 мг = 0,320 г | 0,005 |
| Z | 230 мг = 0,230 г | 270 мг = 0,270 г | 0,005 |

Задача П.3.3.3. Фотосинтез микроводорослей (15 баллов)

Темы: биотехнологии и массообмен.

Условие

Культура микроводорослей способна выделять кислород, при этом извлекая из атмосферы CO_2 . Средний объем поглощаемого культурой газа (CO_2) составляет 5 л в сутки на 16 л биомассы. Известно, что полигон, на котором выращиваются микроводоросли, накрыт непроницаемым куполом, и в нем расположено X емкостей по Y л культуры. Рассчитайте объем CO_2 , поглощаемого за сутки при коэффициенте поглощения 0,95. Ответ дайте в л с точностью до тысячных.

Решение

$$12 \cdot 6 = 72 \text{ л;}$$

$$\frac{72}{16} = 4,5;$$

$$4,5 \cdot 5 = 22,5;$$

$$22,5 \cdot 0,95 = 21,375 \text{ л;}$$

$$\frac{12 \cdot 6}{16 \cdot 5 \cdot 0,95}.$$

Погрешность вычислений 0,025.

Формула для автоматического расчета

$$m = \frac{X \cdot Y}{16 \cdot 5 \cdot 0,95}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-----|
| X количество емкостей | 12 | 50 | 1 |
| Y объем емкости | 6 | 300 | 0,5 |

Задача II.3.3.4. Зеленый осадок (15 баллов)

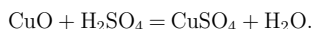
Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

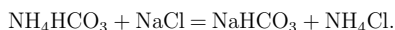
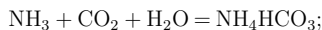
При взаимодействии веществ А и В (В было взято в избытке) происходит выпадение темно-зеленого осадка. Вещество А получили путем растворения оксида меди в серной кислоте, а вещество В — пропуская углекислый газ через холодный насыщенный аммиаком раствор хлорида натрия. Установите массу темно-зеленого осадка, если известно, что для получения веществ В использовали X л аммиака (н. у.), а количество полученного вещества В в Y раз больше необходимого для получения осадка. Ответ приведите с точностью до десятых.

Решение

Составим уравнения реакций получения веществ А и В. Для вещества А:



Условия для получения вещества В — это способ промышленного получения гидрокарбоната натрия:



Таким образом, вещество А — это сульфат меди (II), а вещество В — гидрокарбонат натрия. Тогда темно-зеленый осадок — дигидрокарбонат меди (II):



Затем установим массу выпавшего осадка. Сначала рассчитаем сколько вещества В было получено:

$$v_{\text{B}} = v_{\text{NH}_3} = \frac{V_{\text{NH}_3}}{V_m} = \frac{X}{22,4}.$$

Тогда количество вещества В вступившее в реакцию равно:

$$v_{\text{B}}^p = \frac{v_{\text{B}}}{Y} = \frac{X}{Y \cdot 22,4}.$$

Осталось рассчитать массу темно-зеленого осадка:

$$m_{\text{oc}} = v_{\text{oc}} \cdot M_{\text{oc}} = \frac{v_{\text{B}}^p \cdot M_{\text{oc}}}{4} = \frac{X \cdot 221}{4 \cdot Y \cdot 22,4}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X и Y .

Погрешность 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{X \cdot 221}{4 \cdot Y \cdot 22,4}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 22,4 | 112 | 11,2 |
| Y | 2 | 10 | 2 |

Задача П.3.3.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

Значительную долю полимерных материалов получают в ходе реакции поликонденсации, в ходе которой при взаимодействии молекул мономеров помимо полимера образуется низкомолекулярный побочный продукт (чаще всего — вода). Например, полиэфиры получают поликонденсацией многоатомных спиртов и многоосновных кислот или их ангидридов. К полиэфирам относится полиэтилентерефталат, из которого производят нити и волокна для задач машиностроения, химической и пищевой промышленности, транспортных и конвейерных технологий, а также, конечно, бутылки. Другой пример полиэфира — алкидные смолы, на основе которых производят более 30% мирового объема лакокрасочных материалов.

Кислотные свойства реакционной массы при поликонденсации используют для контроля процесса и количественно определяют с помощью титрования — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи известной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

1. Рассчитайте массу навески гидроксида калия, которую необходимо количественно перенести в мерную колбу емкостью 500 мл и довести до метки дистиллированной водой для получения $W\%$ масс. раствора щелочи. Плотность раствора примите P г/л. Массу введите в г с точностью до сотых.

Решение

Масса раствора $m_{p-p} = \rho V$.

Масса щелочи $m_{\text{KOH}} = m_{p-p} \omega = \rho V \omega = \rho \left(\frac{r}{d}\right) \cdot \frac{500}{1000} \cdot \omega \left(\frac{\%}{100}\right) [\text{г}]$.

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$0,005 \cdot P \cdot W.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| W | 0,3 | 2 | 0,1 |
| P | 1000 | 1030 | 1 |

2. Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 25 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение

Количества веществ равны $n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}$, откуда концентрация щелочи:

$$C_{\text{KOH}} = \frac{C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}} = \frac{C_{\text{HCl}}(\text{моль/л})V_{\text{HCl}}(\text{мл})}{10(\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{25}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 1,5 | 2,5 | 0,004 |

3. Полиэфирную смолу получили следующим образом: в двугорлую круглодонную колбу, снабженную термометром и механической мешалкой, поместили этиленгликоль и фталевый ангидрид (мольное отношение 1 : 1). Содержимое перемешали, колбу со смесью мономеров установили на песчаную баню. Смесь нагрели до температуры 130 °С, которую поддерживали в течение 1,5 ч. По

мере нагревания исходная смесь превратилась в однородный, клейкий некристаллизующийся сироп. Затем реакционную смесь выдерживали при температуре 180 °С еще 3 ч. Сиропообразная масса при этом постепенно превратилась в вязкую смолу, которая затвердевает при охлаждении.

Для количественной характеристики степени протекания реакции применяют условный химический показатель – кислотное число. Кислотным числом (КЧ) называют массу (в мг) гидроксида калия, необходимую для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г полиэфирной смолы, прилили 25 мл нейтрализованного смеси этилового спирта и бензола для растворения. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{кон}} = C_{\text{кон}}V_{\text{кон}}$, откуда масса щелочи:

$$m_{\text{кон}} = n_{\text{кон}}M_{\text{кон}} = 56 \cdot C_{\text{кон}}V_{\text{кон}},$$

откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{кон}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{кон}} (\text{моль/л}) V_{\text{кон}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,5.

Формула для автоматического расчета

$$56 \cdot V \cdot L / m.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 0,3 | 0,5 | 0,003 |
| L | 0,07 | 0,12 | 0,002 |
| V | 3,5 | 6,5 | 0,1 |

Задача II.3.3.6. Это просто жестъ (20 баллов)

Темы: смеси веществ, массовые доли, атомистика, расчеты по уравнениям реакций.

Условие



Своему успешному продвижению в мире **жесть** обязана созданию консервной банки. Объявленную награду 12000 франков за метод консервирования продуктов для французской армии получил француз Николя Аппер, коммерсант из Манчестера, а Питер Дюран в 1810 году впервые запатентовал идею использования жестяных банок для консервирования.

Жесть — холоднокатаная отожженная листовая сталь толщиной 0,10–0,36 мм с нанесенными защитными покрытиями из Sn или специальными покрытиями, например, Zn, Ni и др. Жесть консервная (пищевая) используется для производства тары под пищевые продукты и укупорочных изделий (крышки для закатывания, легковскрываемые крышки и пр.).

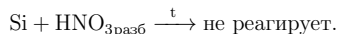
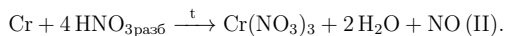
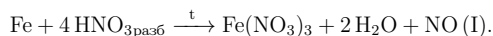
В состав сплава для изготовления тары, используемой в пищевой промышленности, входят Cr, Fe, Si и другие компоненты (с общей массовой долей 1,2%). Рассчитайте состав (%) сплава тары, если известно, что при обработке 200 г навески разбавленной азотной кислотой выделился газ, плохо растворимый в воде. Этот газ полностью прореагировал с (Q) г едкого натра с образованием другого газа, объем которого в 4 раза меньше. В данной порции содержится (Z) · 10²⁵ электронов хрома.

В ответе укажите **массовую долю железа в сплаве** (округлите до целого числа).

Справочные данные ($A_{r_{Fe}} = 56$ г/моль; $A_{r_{Cr}} = 52$ г/моль; $A_{r_{Si}} = 28$ г/моль; число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ шт.).

Решение

Реакция 1 разбавленная азотная кислота реагирует с металлами.



$$n_e \text{Cr} = \frac{1,0 \cdot 10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 16,6152 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{Cr}} = \frac{16,6152}{24} = 0,6922 \text{ моль.}$$

$$m_{\text{Cr}} = 35,9944 \text{ г.}$$

$$\omega_{\text{Cr}} = 17,9972\%.$$

NO — газ плохо растворимый в воде, но реагирующий со щелочью при комнатной температуре.



$$4n_{\text{NO}} = n_{\text{N}_2\text{O}} = 4 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{NO}_{\text{общее}}} = n_{\text{NO}_I} + n_{\text{NO}_{II}} = n_{\text{NO}_I} + n_{\text{Cr}_{II}}.$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{69,42}{40} = 1,7355 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{Cr}} = n_{\text{NO}_{II}} = 0,6922 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{NO}_I} = 3,471 - 0,6922 = 2,7786 \text{ моль.}$$

$$n_{\text{NO}_I} = n_{\text{Fe}} = 2,7786 \text{ моль.}$$

$$m_{\text{Fe}} = 2,7786 \cdot 56 = 155,6016 \text{ г.}$$

Расчет массовой доли металлов в сплаве:

$$\omega_{\text{Fe}} = \frac{n \cdot Ar_{\text{э}}}{m_{\text{сплава}}} \cdot 100\%.$$

$$\omega_{\text{Fe}} = 77,8008\%.$$

Ответ: $\omega_{\text{Fe}} = 78\%$. Проверка:

$$\omega_{\text{Fe}} = 1,4 \cdot Q - 19,38 \cdot Z = 1,4 \cdot 69,42 - 19,38 \cdot 1 = 77,8008.$$

$$\omega_{\text{Fe}} = 1,4 \cdot Q - 19,38 \cdot Z = 1,4 \cdot 70,42 - 19,38 \cdot 1,011 = 78,9948.$$

Погрешность ± 1 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений Q, Z.

Формула для автоматического расчета

$$\omega_{\text{Fe}} = 1,4 \cdot Q - 19,38 \cdot Z.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| Q | 69,42 | 70,42 | 0,05 |
| Z | 1,001 | 1,011 | 0,005 |

Задача II.3.3.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Темы: химии России.

Условие

Этот русский ботаник и биохимик работал с пигментами растений и в ходе экспериментов изобрел полноценный метод разделения каротиноидов и хлорофилла с применением органических веществ, получивший название хроматография. О каком ученом идет речь?

1. Дмитрий Иванович Менделеев.
2. Герман Иванович Гесс.
3. Михаил Семенович Цвет.
4. Александр Порфирьевич Бородин.
5. Игорь Михайлович Скурихин.
6. Александр Яковлевич Данилевский.
7. Александр Михайлович Бутлеров.
8. Иван Петрович Павлов.
9. Юрий Анатольевич Овчинников.
10. Александр Абрамович Воскресенский.

Ответ: 3.

Вторая волна. Задачи 10–11 класса**Задача II.3.4.1. Превращения металла (15 баллов)**

Темы: нахождение элемента по молярной массе, металлы и их соединения.

Условие

К сухому хлориду неизвестного металла массой X г добавили избыток раствора сульфида натрия. Произошел совместный гидролиз, причем в осадок выпало 30,2 г гидроксида неизвестного металла. Определите молярную массу неизвестного металла. В поле для ответа введите его молярную массу с точностью до целых. При округлении используйте математическое округление.

Решение

Примем молярную массу неизвестного металла за M , тогда:

$$M(\text{MeCl}_n) = M + 35,5n.$$

$$M(\text{Me}(\text{OH})_n) = M + 17n.$$

$\text{MeCl}_n \Rightarrow \text{Me}(\text{OH})_n$, соотношение хлорида и гидроксида по молям в уравнении реакции 1 к 1, тогда:

$$\frac{X}{M + 35,5n} = \frac{30,2}{M + 17n}.$$

При $n = 3$:

$$M = \frac{106,5 \cdot 30,2 - 51 \cdot X}{X - 30,2}.$$

| | | | |
|-------------|----------|------------------|------------------|
| n | 1 | 2 | 3 |
| M | 23,3 | 46,4 | 69,6 |
| Ф-ла | MCl | MCl ₂ | MCl ₃ |
| Me | – | – | Ga |

Таким образом, под условие задачи подходит галлий.

Ответ: 70.

Погрешность вычислений ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$M = \frac{106,5 \cdot 30,2 - 51X}{X - 30,2}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 44,01 | 44,1 | 0,01 |

Задача II.3.4.2. Цикл Кребса (15 баллов)

Темы: органическая химия, уравнения химических реакций, выход продукта реакции.

Условие

Цикл Кребса или цикл трикарбоновых кислот ЦТК — центральная часть общего пути катаболизма, циклический биохимический процесс, ключевой этап дыхания всех клеток, использующих кислород, центр пересечения множества метаболических путей в организме, промежуточный этап между гликолизом и электрон-транспортной цепью. Кроме значительной энергетической роли циклу отводится также и существенная пластическая функция, то есть это важный источник молекул-предшественников, из которых в ходе других биохимических превращений синтезируются важные для жизнедеятельности клеток соединения.

Органическая кислота А является участником цикла Кребса. При действии на вещество А избытка щелочи образуется вещество В, имеющее состав: 26,97% углерода, 44,94% кислорода, 25,84% натрия. Определите объем водорода (н. у.), выделяющегося при взаимодействии X г этой кислоты с металлическим натрием, при условии, что реакция протекает с выходом Y%. Ответ округлите до сотых.

Решение

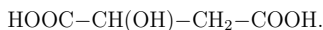
Массовая доля водорода в соединении составляет:

$$\omega(\text{H}) = 100 - 26,97 - 44,94 - 25,84 = 2,25.$$

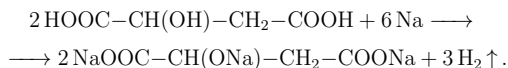
$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{Na}) = \frac{26,97}{12} : \frac{2,25}{1} : \frac{44,94}{16} : \frac{25,84}{23} = \\ = 2,2475 : 2,25 : 2,8 : 1,123 = 2 : 2 : 2,5 : 1 = 4 : 4 : 5 : 2.$$

Молекулярная формула — $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5\text{Na}_2$.

Кислота А является двухосновной, так как при действии щелочи на кислоту А в молекуле В появляется два атома натрия. В двух карбоксильных группах содержится четыре атома кислорода, следовательно, в данной кислоте присутствует еще кислородсодержащая группа —ОН. Это гидроксипентандиовая кислота, тривиальное название — яблочная кислота.



Взаимодействие яблочной кислоты с металлическим натрием можно описать схемой:



$$M(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5) = 134 \text{ г/моль}.$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5) = \frac{X}{134} \text{ моль}.$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5) = 1,5 \cdot \frac{X}{134} \text{ моль}.$$

$$V(\text{H}_2) = \left(1,5 \cdot \frac{X}{134}\right) \cdot 22,4 = 0,25X \text{ л}.$$

С учетом выхода реакции

$$V(\text{H}_2) = (0,25X) \cdot \frac{Y}{100} \text{ л}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y.

Погрешность вычислений. Ответ округлить до сотых. Точность $\pm 0,05$.

Формула для автоматического расчета

$$V(\text{H}_2) = (0,25X) \cdot \frac{Y}{100} \text{ л}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 6,7 | 40,2 | 6,7 |
| Y | 70 | 100 | 5 |

Задача II.3.4.3. Ацетон (15 баллов)

Темы: взаимодействие веществ.

Условие

В результате физико-химических реакций при погружении в ацетон произошло набухание деталей из натурального и искусственного каучука. Рассчитайте количество ацетона в молях, при условии, что в набухании участвует весь объем ацетона. Известно, что каждая из деталей имеет вес x г в начале эксперимента. Степень набухания первой детали достигает $y\%$ по массе, а второго материала — до $z\%$ по массе. Молярная масса ацетона 58 г/моль. При расчетах примите, что x (г) — вес деталей в начале эксперимента, y (%) — степень набухания или количество растворителя в граммах, которое поглощает 1 г полимера в детали 1, z (%) — степень набухания или количество растворителя (s) в г, которое поглощает 1 г полимера в детали 2.

Ответ дайте с точностью до тысячных.

Решение

$$25 \cdot 10/100 = 2,5 \text{ г ацетона в детали 1 после набухания,}$$

$$25 \cdot 30/100 = 7,5 \text{ г ацетона в детали 2 после набухания.}$$

Молярная масса ацетона $58,08$ г/моль и поэтому количество вещества

$$(2,5 + 7,5)/58 = 0,172 \text{ моль.}$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y .

Погрешность вычислений $\pm 0,001$.

Формула для автоматического расчета

$$m = x \cdot \frac{y + z}{100 \cdot 58}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| x | 25 | 100 | 1 |
| y | 10 | 30 | 1 |
| z | 30 | 400 | 1 |

Задача II.3.4.4. Сжигание алкена (15 баллов)

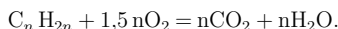
Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

При сжигании алкена с концевой двойной связью выделяется X л (н. у.) углекислого газа. Количество атомов углерода в молекуле алкена примите равным количеству молей выделившегося углекислого газа. Установите, какая масса этого алкена необходима, чтобы при его окислении перманганатом калия в жестких условиях выделилось Y л (н. у.) углекислого газа. Ответ приведите в г с точностью до десятых.

Решение

Установим формулу алкена:



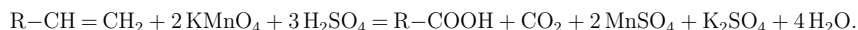
Для этого рассчитаем количество вещества углерода:

$$n = \nu_C = \nu_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}^{O_2}}{V_m} = \frac{X}{22,4}.$$

Исходя из этого можно будет молярную массу алкена вступившего в реакцию:

$$M_a = 12 \cdot n + n \cdot 2 \cdot 1 = 14 \cdot n = \frac{14 \cdot X}{22,4}.$$

Затем рассмотрим реакцию окисления:



Осталось рассчитать массу алкена:

$$m_a = \nu_a \cdot M_a = \nu_{CO_2}^{KMnO_4} \cdot M_a = \frac{V_{CO_2}^{KMnO_4} \cdot M_a}{V_m} = \frac{Y \cdot 14 \cdot X}{22,4 \cdot 22,4} = \frac{Y \cdot 14 \cdot X}{501,76}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X и Y.

Погрешность вычислений 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{X \cdot 14 \cdot Y}{501,76}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 67,2 | 89,6 | 22,4 |
| Y | 11,2 | 112 | 11,2 |

Задача II.3.4.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

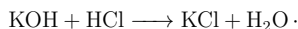
Значительную долю полимерных материалов получают в ходе реакции поликонденсации, в ходе которой при взаимодействии молекул мономеров помимо полимера образуется низкомолекулярный побочный продукт (чаще всего — вода). Например, полиэфиры получают поликонденсацией многоатомных спиртов и многоосновных кислот или их ангидридов. К полиэфирам относится полиэтилентерефталат, из которого производят нити и волокна для задач машиностроения, химической и пищевой промышленности, транспортных и конвейерных технологий, а также, конечно, бутылки. Другой пример полиэфира — алкидные смолы, на основе которых производят более 30% мирового объема лакокрасочных материалов.

Содержание кислоты в реакционной массе при поликонденсации используют для контроля процесса и количественно определяют с помощью титрования — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи известной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

1. Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 25 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение



Количества веществ равны

$$n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}},$$

откуда концентрация щелочи

$$C_{\text{KOH}} = \frac{C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}} = \frac{C_{\text{HCl}} (\text{моль/л}) V_{\text{HCl}} (\text{мл})}{25 (\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{25}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 1,5 | 2,5 | 0,004 |

2. Полиэфирную смолу получили следующим образом: в двугорлую круглодонную колбу, снабженную термометром и механической мешалкой, поместили этиленгликоль и фталевый ангидрид (мольное отношение 1 : 1). Содержимое перемешали, колбу со смесью мономеров установили на песчаную баню. Смесь нагрели до температуры 130 °С, которую поддерживали в течение 1,5 ч. По мере нагревания исходная смесь превратилась в однородный, клейкий некристаллизующийся сироп. Затем реакционную смесь выдерживали при температуре 180 °С еще 3 ч. Сиропообразная масса при этом постепенно превратилась в вязкую смолу, которая затвердевает при охлаждении.

Для контроля процесса применяют условный химический показатель – кислотное число. Кислотным числом (КЧ) называют массу (в мг) гидроксида калия, необходимую для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества. Процесс поликонденсации продолжали до постоянства кислотного числа (кислотными свойствами обладают как фталевый ангидрид, так и полимер за счет концевых кислотных групп).

Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г полиэфирной смолы, прилили 25 мл нейтрализованного смеси этилового спирта и бензола для растворения. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{кон}} = C_{\text{кон}}V_{\text{кон}}$, откуда масса щелочи $m_{\text{кон}} = n_{\text{кон}}M_{\text{кон}} = 56 \cdot C_{\text{кон}}V_{\text{кон}}$, откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{кон}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{кон}} (\text{моль/л}) V_{\text{кон}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{56 \cdot V \cdot L}{m}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 0,3 | 0,5 | 0,003 |
| L | 0,07 | 0,12 | 0,002 |
| V | 2,3 | 3,0 | 0,1 |

3. Определите среднюю молекулярную массу (г/моль) полиэфира, если известно, что его кислотное число составляет Z . Считайте, что исходный ангидрид в смеси не присутствует, а одна молекула полимера содержит одну кислотную карбоксильную группу; ответ приведите с точностью до целых.

Решение

Масса щелочи (мг) в 1 г образца равна кислотному числу K , откуда количество вещества щелочи равно

$$n_{\text{KOH}} = \frac{m_{\text{KOH}}}{M_{\text{KOH}}} = \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{KOH}}}$$

Одна молекула полимера содержит одну карбоксильную группу, а значит является одноосновной, реагируя с щелочью в соотношении 1 : 1. Тогда

$$n_{\text{полимер}} = n_{\text{KOH}}, \frac{m_{\text{полимер}}}{M_{\text{полимер}}} = \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{KOH}}},$$

откуда молярная масса составляет

$$M_{\text{полимер}} = \frac{m_{\text{полимер}} \cdot 1000 \cdot M_{\text{KOH}}}{K} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot M_{\text{KOH}}}{K}$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{1}{Z/1000/56}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| Z | 20 | 30 | 0,1 |

Задача II.3.4.6. Этилен в народном хозяйстве (15 баллов)

Темы: органическая химия, расчеты по уравнениям, массовая доля.

Условие**Овощи и фрукты, выделяющие этилен**

| Очень высокое выделение этилена | | |
|--|--|--|
|  Яблоки | | |
| Высокое выделение этилена | | |
|  Авокадо |  Груши |  Абрикосы |
| Среднее выделение этилена | | |
|  Помидоры |  Бананы |  Манго |
|  Персики |  Сливы |  Дыни |

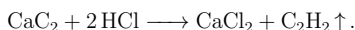
Этилен является важнейшим компонентом мировой нефтехимической промышленности, служащим основным строительным блоком для производства различных химикатов и пластмасс. Этилен также рассматривается как многофункциональный фитогормон, который регулирует процессы роста и старения в зависимости от его концентрации, сроков применения и видов растений; данный процесс в пищевой промышленности называется газация и его используют поставщики сельхозпродукции.

Этиленопродуценты — соединения, разрушение которых как раз и сопровождается выделением этилена, широко применяются в сельском хозяйстве и промышленности. Они используются для послеуборочного дозревания фруктов и овощей, с их помощью усиливается отделение латекса каучуконосных деревьев на плантациях, и др. Реакция на этилен и эффективность его воздействия индивидуальна для растений. Например, на дереве яблоки созревают постепенно. Если сорвать плоды, то исчезает ингибитор родительского дерева и прекращается подпитка влагой, а этилен образовывается в ускоренном режиме. Так яблоки созревают быстрее.

К навеске технического карбида кальция массой A г и содержащего $B\%$ инертных примесей добавили навеску карбида алюминия, перемешали и растворили в бромоводородной кислоте. При этом объем выделившегося газа составил Q л. Полученную смесь газов некоторое время пропускали над никелевым катализатором при 750°C . Затем добавляли водород до тех пор, пока смесь не стала однородной по алкену. Выход продукта составил 86% . Рассчитайте массу воды, необходимой для присоединения к этилену (ответ приведите в г и округлите до целого числа).

Решение

Реакция 1.



Объем ацетилена определим по формуле: $V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot n$. Необходим предварительный расчет количества чистого вещества карбида кальция $n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2}$.

Если в техническом карбиде кальция содержится 18% примесей, то массовая доля чистого вещества составляет 82% .

$$n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = \frac{m(\text{смеси}) \cdot \omega(\text{CaC}_2 \text{ чист.})}{M \cdot 100\%}.$$

Пусть $n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = x$ моль и $n_{\text{Al}_4\text{C}_3} = y$ моль.

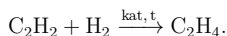
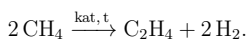
$$n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2}.$$

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{C}_2\text{H}_2} + V_{\text{CH}_4}.$$

$$3n_{\text{CH}_4} = n_{\text{Al}_4\text{C}_3}.$$

Зная мольную долю выхода продукта реакции, определим практический выход этилена:

$$n_{\text{пр. C}_2\text{H}_4} = \eta \cdot n_{\text{теор. C}_2\text{H}_4}.$$



$$n_{\text{C}_2\text{H}_4} = n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}.$$

η -практический выход в долях.

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \left(x + \frac{3y}{2} \right) \cdot 0,86 \cdot 18.$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (6,4 + 0,9) \cdot 0,86 \cdot 18 = 113,004 \text{ г.}$$

Ответ: 113,004. Проверка:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{0,5 \cdot 500 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18)}{64} + 0,02232 \cdot 183,68 \right) \cdot 15,48 = 113,004.$$

Погрешность ± 2 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений Q, A и B.

Формула для автоматического расчета

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{0,5 \cdot A \cdot (1 - 0,01B)}{64} + 0,02232 \cdot Q \right) \cdot 15,48.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| Q | 157,92 | 183,68 | 0,5 |
| A | 366 | 500 | 0,5 |
| B | 16 | 20 | 0,05 |

Задача П.3.4.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Темы: химии России.

Условие

Более 100 лет прошло со дня смерти великого российского ученого, на могиле которого в г. Воронеже установлен памятник с надписью «Ему дано открыть ..., разделяющую молекулы, объединяющую людей». Метод, название которого в цитате скрыто, не привлек широкого внимания после публикации. Только более 20 лет спустя, уже после смерти ученого, качества его открытия были оценены по достоинству, а Нобелевскую премию за развитие и применение этой технологии получили более 10 исследователей. Сейчас указанный метод широко используется повсюду, по разным оценкам, в 60–80% всех химических исследований в мире: десятки вариантов, тысячи приборов — в производстве лекарств и пищевых продуктов, экологии, нефтедобыче, криминалистике и парфюмерии... Даже в быту, делая тест на беременность или экспресс-тест на COVID-19, мы используем его принципы. Назовите ученого.



1. Герман Иванович Гесс.
2. Алексей Евграфович Фаворский.
3. Михаил Семенович Цвет.
4. Александр Ерминингельдович Арбузов.
5. Сергей Васильевич Лебедев.
6. Александр Яковлевич Данилевский.
7. Юрий Анатольевич Овчинников.
8. Александр Абрамович Воскресенский.
9. Игорь Михайлович Скурихин.
10. Александр Михайлович Бутлеров.

Ответ: 3.

Третья волна. Задачи 8–9 класса

Задача II.3.5.1. Превращения металла (15 баллов)

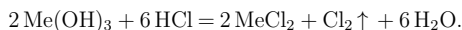
Темы: растворы, окислительно-восстановительные реакции.

Условие

Твердый гидроксид трехвалентного металла массой X г прореагировал с избытком концентрированного раствора соляной кислоты объемом 800 мл ($\rho = 1,19$ г/мл). При этом выделился газ объемом 21,28 л (н. у.) и образовался зеленый раствор соли двухвалентного металла. Найдите массовую долю соли в полученном растворе в процентах. При расчете молярную массу металла округлите до целых. Ответ округлите до десятых.

Решение

Поскольку из гидроксида трехвалентного металла образуется соль двухвалентного металла, можно сделать вывод, что протекает окислительно-восстановительная реакция. Тогда, если металл понижает степень окисления, то, наиболее вероятно, что хлорид-анионы из соляной кислоты окисляются до молекулярного хлора:



$$n(\text{Me}(\text{OH})_3) = 2n(\text{Cl}_2) = \frac{2 \cdot 21,28}{22,4}.$$

$$M(\text{Me}(\text{OH})_3) = \frac{X}{n(\text{Me}(\text{OH})_3)} = 110 \text{ г/моль}.$$

$M(\text{Me}) = 110 - 17 \cdot 3 = 59 \Rightarrow \text{Me} - \text{Ni}$, так как образуется раствор зеленого цвета.

$$m(\text{NiCl}_2) = M(\text{NiCl}_2) \cdot n(\text{NiCl}_2) = M(\text{NiCl}_2) \cdot n(\text{Ni}(\text{OH})_3) = 130 \cdot 2n(\text{Cl}_2) = \frac{260 \cdot 21,28}{22,4}.$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 800 \text{ мл} \cdot 1,19 \text{ г/мл} = 952 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NiCl}_2) = 100\% \cdot \frac{260 \cdot 21,28/22,4}{952 + X - 71 \cdot 21,28/22,4}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X .

Погрешность вычислений ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$\omega(\text{NiCl}_2) = 100 \cdot \frac{260 \cdot 21,28/22,4}{952 + X - 71 \cdot 21,28/22,4}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 209 | 209,9 | 0,1 |

Задача II.3.5.2. Осмолярность (15 баллов)

Темы: растворы, молярная концентрация.

Условие

В медицине в качестве плазмозамещающих средств при дегидратации различного генеза используют различные физиологические растворы. Для биологических жидкостей важным показателем является их осмотическое давление, которое определяется осмолярностью. **Осмолярность** — сумма молярных концентраций катионов, анионов и молекул неэлектролитов, т. е. всех кинетически активных частиц в 1 л раствора. Она выражается в миллиосмолях на литр (мосм/л).

Рассчитайте осмолярность раствора, приготовленного по схеме *раствора Хлосоль*: натрия хлорид — X г, калия хлорид — Y г, натрия ацетата тригидрат — Z г, вода для инъекций — до общего объема 1 л. Ответ округлите до целых.

Решение

Для решения необходимо рассчитать количество каждой из солей, затем количество ионов, образующихся при диссоциации этих солей.

Найдем молярные массы солей $M(\text{NaCl}) = 58,5$ г/моль, $M(\text{KCl}) = 74,5$ г/моль, $M(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 136$ г/моль.

$$C_{\text{осм}} = \frac{n(\text{кинетически активных частиц})}{V}.$$

$n(\text{NaCl}) = X/58,5$, так как при растворении NaCl диссоциирует с образованием двух ионов, количество частиц возрастает в 2 раза.

$$n(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2X}{58,5}.$$

$$n(\text{KCl}) = \frac{Y}{74,5}; n(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) = \frac{2Y}{74,5}.$$

$$n(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{Z}{136}; n(\text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{2Z}{136}.$$

$$C_{\text{осм}} = \left(\frac{2X}{58,5} + \frac{2Y}{74,5} + \frac{2Z}{136} \right) \cdot 1000 = \text{мосм/л}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y, Z.

Ответ округлить до целых. Точность ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$C_{\text{осм}} = \left(\frac{2X}{58,5} + \frac{2Y}{74,5} + \frac{2Z}{136} \right) \cdot 1000 = \text{мосм/л}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 4,5 | 5 | 0,1 |
| Y | 1,3 | 1,7 | 0,05 |
| Z | 3,4 | 3,8 | 0,1 |

Задача II.3.5.3. Рыбы и химия (15 баллов)

Темы: рыбы и химические вещества.

Условие

В процессе жизнедеятельности рыб в окружающую среду выделяется NH_3 . Средний объем выделений в сутки составляет X л NH_3 (н. у.).

Рассчитайте массовую долю данного соединения, если известно, что объем воды в водоеме Y м³.

Ответ дайте, округлив до сотых.

Решение

$$\frac{205}{2000000 + 205} = 0,000102489.$$

Погрешность вычислений $\pm 0,0001$.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{X}{X + (Y \cdot 1000)}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 250 | 500 | 10 |
| Y | 2 | 10 | 1 |

Задача П.3.5.4. Симонколлеит и смитсонитот (15 баллов)

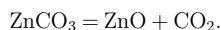
Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

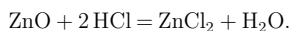
При взаимодействии веществ А и В происходит выпадение белого осадка кристаллогидрата, встречающегося в природе в форме минерала симонколлеита. Вещество А было получено путем растворения вещества В в соляной кислоте, а само вещество В получают термическим разложением основного компонента минерала смитсонита. Установите массу белого осадка кристаллогидрата, если известно, что при получении вещества В выделилось X л газа (н. у.), а количество полученного вещества В в Y раз больше необходимого для получения осадка. Ответ приведите с точностью до десятых.

Решение

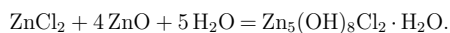
Составим уравнения реакций получения веществ А и В. Смтсонит – это минерал, основу которого составляет карбонат цинка, поэтому реакция получения В выглядит следующим образом:



Тогда вещество А – это хлорид цинка:



Теперь можно понять, что интересующий нас осадок – это моногидрат гидроксохлорида цинка:



Затем установим массу выпавшего осадка. Сначала установим сколько было получено вещества В:

$$v_B = v_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_m} = \frac{X}{22,4}.$$

Тогда рассчитаем количество вещества В вступившего в реакцию с А:

$$v_B^p = \frac{v_B}{Y} = \frac{X}{Y \cdot 22,4}.$$

Осталось рассчитать массу темно-зеленого осадка:

$$m_{\text{ос}} = v_{\text{ос}} \cdot M_{\text{ос}} = \frac{v_B^p \cdot M_{\text{ос}}}{4} = \frac{X \cdot 552}{4 \cdot Y \cdot 22,4}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X и Y.

Погрешность 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{X \cdot 552}{4 \cdot Y \cdot 22,4}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 22,4 | 112 | 11,2 |
| Y | 2 | 10 | 2 |

Задача II.3.5.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

Сополимеризация — процесс совместной полимеризации двух и более различных мономеров, приводящий к образованию полимера, содержащего звенья исходных мономеров. Например, к сополимерам относятся бутадиен-нитрильный каучук, применяемый для изготовления теплостойких резиновых изделий, и акрилонитрил-бутадиен-стирольный пластик, из которого изготавливают детали автомобилей и бытовой техники, игрушки и пластиковые карты для пропусков.

Свойства сополимера зависят от соотношения мономерных звеньев и их расположения. Состав сополимера в некоторых случаях можно контролировать по его кислотным свойствам, для анализа используют титрование — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи известной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

1. Рассчитайте массу навески гидроксида калия, которую необходимо количественно перенести в мерную колбу емкостью 100 мл и довести до метки дистиллированной водой для получения W% масс. раствора щелочи. Плотность раствора примите P г/л. Массу введите в граммах с точностью до сотых.

Решение

Масса раствора $m_{p-p} = \rho V$.

Масса щелочи $m_{\text{KOH}} = m_{p-p} \omega = \rho V \omega = \rho \left(\frac{r}{x}\right) \cdot \frac{100}{1000} \cdot \omega \left(\frac{\%}{100}\right) [\text{г}]$.

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$0,001 \cdot P \cdot W.$$

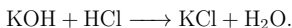
Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| W | 0,3 | 2 | 0,1 |
| P | 1000 | 1030 | 1 |

2. Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 20,0 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение



Количества веществ равны $n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}} V_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}$, откуда концентрация щелочи:

$$C_{\text{KOH}} = \frac{C_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}} = \frac{C_{\text{HCl}}(\text{моль/л}) V_{\text{HCl}}(\text{мл})}{20(\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность 0,001.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{20}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 1,5 | 2,5 | 0,004 |

3. Соплимер получили следующим образом: в пробирку поместили инициатор, стирол и метакриловую кислоту, полимеризацию вели при температуре 60 °С. Полученную сиропообразную массу медленно при перемешивании вылили в стакан с петролейным эфиром. Образовавшийся осадок отделили, промыли эфиром и высушили до постоянной массы.

Кислотное число (КЧ) — условный химический показатель, масса (в мг) гидроксида калия, необходимая для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г сополимера, прилили 25 мл нейтрализованного диоксана для растворения. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{КОН}} = C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}}$, откуда масса щелочи:

$$m_{\text{КОН}} = n_{\text{КОН}}M_{\text{КОН}} = 56 \cdot C_{\text{КОН}}V_{\text{КОН}},$$

откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{КОН}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{КОН}} (\text{моль/л}) V_{\text{КОН}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,01.

Формула для автоматического расчета

$$56 \cdot (V/1000) \cdot L/m.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 0,3 | 0,5 | 0,003 |
| L | 0,07 | 0,12 | 0,002 |
| V | 3,5 | 6,5 | 0,1 |

Задача II.3.5.6. Металл будущего для здоровья (15 баллов)

Темы: смеси веществ, массовые доли, атомистика, расчеты по уравнениям реакций.

Условие



Титан — это удивительный металл, он помогает превратить мечту в реальность. Его сплавы активно используются в военной сфере, судостроении, авиастроении, медицине, ювелирном деле. Титан превосходно «сочетается» с организмом человека, проявляя «настоящее родство». Конструкции из титана безопасны для мышц и костей, гипоаллергенны, не разрушаются под воздействием жидкости в организме. Протезы из титана стойкие, выдерживают огромные физические нагрузки. Например, металлические дуги брекет-систем сделаны из сплава титана с никелем или молибденом.

Как часто случается в науке, прорывные технологии «получаются случайно». Такова была история технологии получения самого прочного сплава титана и золота и полностью биосовместимым с живыми тканями. Сплав, по факту, был получен случайно, так как изначально команда трудилась над созданием магнитного сплава из этих металлов, а в итоге сделала невероятный прорыв сразу во многих областях.

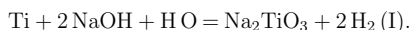
Сплав титана, золота и серебра массой 24 г обработали кипящим концентрированным раствором каустической соды. При этом выделилось 13,44 л X л газа без цвета и без запаха. Вторую навеску сплава такой же массы обработали горячей концентрированной азотной кислотой. Выделившийся газ смешали с избытком кислорода и смесь полностью поглотили 24,40% Y раствором гидроксида калия массой 279 г Z. Вычислите **массовую долю золота в сплаве** (округлите до целого числа).

Справочные данные ($A_{rTi} = 48$ г/моль; $A_{rAg} = 108$ г/моль; $A_{rAu} = 197$ г/моль; число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹).

Решение

Au — со щелочью и азотной кислотой не реагирует.

Реакция 1.



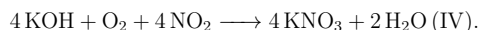
Ag — со щелочью не реагирует.

$$nH_2 = \frac{13,44 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,6 \text{ моль.}$$

$$nTi = 0,3 \text{ моль.}$$

Далее задача решается с конца.

Реакция 4.



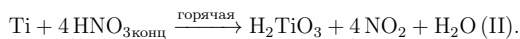
$$n\text{NO}_2 = n\text{KOH}.$$

Расчет по гидроксиду калия.

$$n\text{KOH} = \frac{0,244 \cdot 279}{56} = 1,2156 \text{ моль.}$$

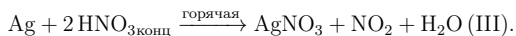
$$n\text{KOH} = n\text{NO}_2 = 1,215 \text{ моль.}$$

Реакции 2.



$$\frac{n\text{Ti}}{n\text{NO}_2} = \frac{1}{4} = \frac{0,3 \text{ моль}}{1,2 \text{ моль}}.$$

Реакции 3.



$$\frac{n\text{Ag}}{n\text{NO}_2} = \frac{1}{1} = \frac{0,0156 \text{ моль}}{0,0156 \text{ моль}}.$$

$$n\text{NO}_2 = 1,2 + 0,0156 = 1,2156 \text{ моль.}$$

Расчет массовой доли металлов в сплаве:

$$\omega_{\text{Э}} = \frac{n \cdot Ar_{\text{Э}}}{m_{\text{сплава}}} \cdot 100\%.$$

$$m_{\text{Ag}} = 0,0156 \cdot 108 = 1,685 \text{ г.}$$

$$m_{\text{Ti}} = 0,3 \cdot 48 = 14,4 \text{ г.}$$

$$m_{\text{Au}} = 24 - 14,4 - 1,685 = 7,915 \text{ г.}$$

$$\omega_{\text{Ti}} = 60,0\%.$$

$$\omega_{\text{Ag}} = 7,02\%.$$

$$\omega_{\text{Au}} = 32,98\%.$$

Ответ: $\omega_{\text{Au}} = 33\%$. Проверка:

$$\omega_{\text{Au}} = 24 + 10,444 \cdot X - 0,0193 \cdot Y \cdot Z.$$

Погрешность ± 8 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений X, Y и Z.

Формула для автоматического расчета

$$\omega_{\text{Au}} = 24 + 10,444 \cdot X - 0,0193 \cdot Y \cdot Z.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 13,44 | 13,62 | 0,01 |
| Y | 24,4 | 24,6 | 0,01 |
| Z | 279 | 281 | 0,1 |

Задача II.3.5.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)*Темы: химии России.***Условие**

22 апреля 1915 года на фронтах первой мировой войны немцы впервые произвели газовую атаку с применением ядовитого вещества иприта или «горчичного» газа. Новое средство нападения сулило новые неудачи на фронте, серьезные осложнения в тылу. В связи с этим начались срочные работы по изысканию средств противохимической защиты.

Именно этот русский ученый-химик предложил идею применения высокопористого активированного угля для поглощения ядовитых паров и газов, примешанных к воздуху.

1. Владимир Васильевич Марковников.
2. Александр Михайлович Зайцев.
3. Михаил Григорьевич Кучеров.
4. Александр Порфирьевич Бородин.
5. Александр Николаевич Несмеянов.
6. Николай Дмитриевич Зелинский.
7. Николай Николаевич Зинин.
8. Михаил Васильевич Ломоносов.
9. Александр Михайлович Бутлеров.
10. Дмитрий Иванович Менделеев.

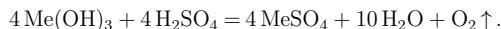
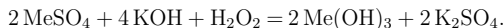
Ответ: 6.**Третья волна. Задачи 10–11 класса****Задача II.3.6.1. Цветные превращения (15 баллов)***Темы: растворы, окислительно-восстановительные реакции.*

Условие

К розовому раствору соли добавили избыток концентрированных растворов гидроксида калия и перекиси водорода и нагрели. При этом выпало X г осадка темно-коричневого цвета, а сам металл окислился до +3. Осадок отделили. К этому осадку прилили 500 мл концентрированной серной кислоты ($\rho = 1,84$ г/мл). В ходе реакции выделился газ объемом 11,2 л (н. у.) и образовался розовый раствор исходной соли. Найдите массовую долю соли в конечном растворе. Ответ дайте в процентах с точностью до десятых.

Решение

Из второй части задачи ясно, что исходная соль — сульфат. Сульфаты металлов в степени окисления +1 не окрашивают растворы, следовательно, общая формула исходной соли — MeSO_4 .



Примем молярную массу металла за M . При н. у. $V_m = 22,4$ л/моль.

$$n_{\text{газа}} = \frac{11,2}{V_m} = \frac{11,2}{22,4}.$$

$$n_{\text{осадка}} = \frac{X}{M + 173}.$$

Очевидно, что серная кислота в избытке, тогда:

$$n_{\text{соли}} = 4n_{\text{газа}} = n_{\text{осадка}}, \text{ тогда}$$

$$\frac{X}{M + 17 \cdot 3} = 4 \cdot \frac{11,2}{22,4}.$$

$$M = \frac{5,6X}{11,2} - 51 = 59.$$

Что соответствует Co .

$$M(\text{CoSO}_4) = 59 + 96 = 155 \text{ г/моль.}$$

$$m(\text{O}_2) = 32 \cdot \frac{11,2}{22,4}.$$

$$m(\text{CoSO}_4) = n_{\text{соли}} \cdot M_{\text{соли}} = 155n_{\text{соли}} = 155 \cdot 4n_{\text{газа}} = 620 \cdot \frac{11,2}{22,4}.$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 500 \cdot 1,84 = 920 \text{ г.}$$

$$m_{\text{р-ра конечного}} = 920 + m(\text{Co(OH)}_3) - m(\text{O}_2) = 920 + X - 32 \cdot \frac{11,2}{22,4}.$$

$$\omega_{\text{соли}} = \frac{100\% \cdot m_{\text{соли}}}{m_{\text{р-ра конечного}}} = \frac{100\% \cdot 620 \cdot \frac{11,2}{22,4}}{920 + X - 32 \cdot \frac{11,2}{22,4}}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X .

Погрешность вычислений ± 1 .

Формула для автоматического расчета

$$\omega_{\text{соли}} = \frac{100\% \cdot m_{\text{соли}}}{m_{\text{р-ра конечного}}} = \frac{62000 \cdot \frac{11,2}{22,4}}{920 + X - 32 \cdot \frac{11,2}{22,4}}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 220 | 220,9 | 0,1 |

Задача П.3.6.2. Цикл Кребса (15 баллов)

Темы: органическая химия, уравнения химических реакций, выход продукта реакции.

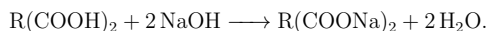
Условие

Цикл Кребса или цикл трикарбоновых кислот ЦТК — центральная часть общего пути катаболизма, циклический биохимический процесс, ключевой этап дыхания всех клеток, использующих кислород, центр пересечения множества метаболических путей в организме, промежуточный этап между гликолизом и электрон-транспортной цепью. Кроме значительной энергетической роли циклу отводится также и существенная пластическая функция, то есть это важный источник молекул-предшественников, из которых в ходе других биохимических превращений синтезируются важные для жизнедеятельности клеток соединения.

На нейтрализацию некоторого количества двухосновной карбоновой кислоты, являющейся участником цикла Кребса, потребовалось 152 мл 5%-ного раствора едкого натра (плотность 1,0538 г/мл). При сжигании такого же количества кислоты выделилось 8,96 л углекислого газа (н. у.) и 3,6 г воды. Определите массу воды, образующуюся при окислении X г этой кислоты кислым раствором перманганата калия, с учетом практического выхода реакции Y%. Ответ округлите до сотых.

Решение

Двухосновная карбоновая кислота будет взаимодействовать с едким натром (гидроксидом натрия) по схеме:



$$m(\text{р-ра NaOH}) = V \cdot \rho = 152 \text{ мл} \cdot 1,0538 \text{ г/мл} = 160 \text{ г}.$$

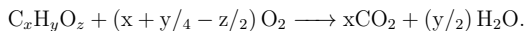
$$m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра NaOH}) \cdot \omega = 160 \cdot 0,05 = 8 \text{ г}.$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ моль}.$$

Так как кислота двухосновная, то количество кислоты в 2 раза меньше, количества гидроксида натрия:

$$n(\text{кислоты}) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль}.$$

Горение карбоновой кислоты можно выразить схемой:



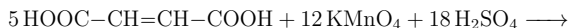
$$n(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ моль}, \quad n(C) = 0,4 \text{ моль}.$$

$$n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{3,6}{18} = 0,2 \text{ моль}, \quad n(H) = 0,4 \text{ моль}.$$

Так как при сгорании 0,1 моль кислоты образуется 0,4 моль CO_2 , делаем вывод, что в молекуле 4 атома углерода.

Количество атомов водорода равно количеству атомов углерода, следовательно, формула двухосновной карбоновой кислоты — $C_4H_4O_4$, что соответствует $HOOC-CH=CH-COOH$ бутендиовой кислоте, которая может быть представлена цис- или транс-изомером. В цикле Кребса участвует только транс-изомер — фумаровая кислота.

Окисление фумаровой кислоты перманганатом калия в кислой среде приводит к выделению смеси сульфатов и углекислого газа:



$$M(C_4H_4O_4) = 116 \text{ г/моль}.$$

$$n(C_4H_4O_4) = \frac{X}{116} \text{ моль}.$$

$$n(H_2O) = 28/5n(C_4H_4O_4) = 5,6 \cdot \frac{X}{116} \text{ г}.$$

$$m(H_2O) = \left(5,6 \cdot \frac{X}{116} \right) \cdot 18 = 100,8 \cdot \frac{X}{116} \text{ г}.$$

С учетом выхода реакции:

$$m(H_2O) = \left(100,8 \cdot \frac{X}{116} \right) \cdot \frac{Y}{100} \text{ (г)}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X , Y .

Погрешность вычислений. Ответ округлить до сотых. Точность $\pm 0,005$.

Формула для автоматического расчета

$$m(H_2O) = \left(100,8 \cdot \frac{X}{116} \right) \cdot \frac{Y}{100} \text{ (г)}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| X | 2,9 | 17,4 | 2,9 |
| Y | 70 | 100 | 5 |

Задача II.3.6.3. Работа лаборанта (15 баллов)

Темы: аналитическая химия.

Условие

Перед лаборантом находятся 3 пробы с неизвестными веществами. Пробы порошкообразны, причем одна из них является навеской чистого металла второго по распространенности среди металлов в земной коре, вторая — многокомпонентным неорганическим веществом, кислая соль, применяемая в домашнем хозяйстве и пищевой промышленности и медицине (для нейтрализатор химических ожогов кислотами и для снижения кислотности желудочного сока), а третья — природным пищевым полимером, который получают из картофеля и кукурузы.

Известно, что при взаимодействии с CH_3COOH с одной из проб происходит бурная реакция с выделением газообразного вещества.

При взаимодействии с водой другая проба приобретает необычные физико-химические параметры и меняет вязкость.

Третья проба при контакте с водой выделяет бесцветный легкий газ и образует с веществом пробы двойной оксид, но только при высокой температуре (более 400°C).

Вычислите объем бесцветного газа, образовавшегося в ходе одной из описанных реакций и имеющего меньшую молекулярную массу, при условии, что масса продукта реакции составила Y 3248 г.

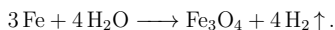
Решение

Проба 1 — сода, при взаимодействии с уксусом выделяется CO_2 .

Проба 2 — крахмал, неньютоновская жидкость.

Проба 3 — железо, при взаимодействии с водой выделяется H_2 .

Наименьшую молекулярную массу имеет H_2 , записываем реакцию и проводим расчет.



Найдем количество оксида железа(III):

$$n = \frac{m}{M}.$$

$$M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 56 \cdot 3 + 16 \cdot 4 = 232 \text{ г/моль}.$$

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{3248}{232} = 14 \text{ моль}.$$

Найдем объем водорода:

$$V = 4n \cdot V_m.$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}.$$

$$V(\text{H}_2) = 4 \cdot 14 \cdot 22,4 = 1254,4 \text{ л}.$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений Y .

Погрешность вычислений $\pm 0,1$.

Формула для автоматического расчета

$$V = \left(\frac{Y}{232} \right) \cdot 22,4 \cdot 4.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| Y | 3248 | 4000 | 2 |

Задача II.3.6.4. Горение алкина (15 баллов)

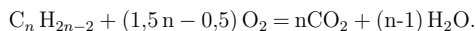
Темы: смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

При горении алкина выделяется X л углекислого газа (н. у.). Установите массу красного осадка, выпавшего при взаимодействии такого же количества алкина с аммиачным раствором хлорида меди (I). Количество атомов углерода в молекуле алкина примите равным количеству молей выделившегося углекислого газа. Молярную массу меди примите 64 г/моль. Ответ приведите с точностью до десятых.

Решение

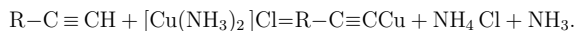
Составим уравнение реакции горения:



Установим формулу алкина, для этого найдем количество углеродов:

$$n = \nu_C = \nu_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_m} = \frac{X}{22,4}.$$

Составим уравнение реакции с аммиачным раствором хлорида меди (I):



Осталось найти массу осадка:

$$\begin{aligned} m_{oc} &= \nu_{oc} \cdot M_{oc} = \nu_a \cdot M_{oc} = \frac{\nu_{CO_2} \cdot M_{oc}}{n} = \frac{V_{CO_2} \cdot M_{oc}}{V_m \cdot n} = \\ &= \frac{X \cdot \left(12 \cdot \frac{X}{22,4} + 1 \cdot \left(\frac{2 \cdot X}{22,4} - 3 \right) + 64 \right)}{22,4 \cdot \frac{X}{22,4}} = \frac{14 \cdot X}{22,4} + 61. \end{aligned}$$

Итоговый ответ зависит от исходных значений X.

Погрешность вычислений 0,1.

Формула для автоматического расчета

$$61 + \frac{14 \cdot X}{22,4}$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| X | 67,2 | 112 | 22,4 |

Задача II.3.6.5. Кислотное число полимера (15 баллов)

Темы: массовая доля, смеси веществ, расчеты по уравнениям реакций.

Условие

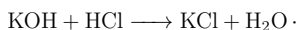
В рамках задачи вам предлагается ответить на три вопроса. Обратите внимание, что количественные данные в каждом вопросе независимы — если не получилось ответить на один из них, это не мешает ответить на другой.

Сополимеризация — процесс совместной полимеризации двух и более различных мономеров, приводящий к образованию полимера, содержащего звенья исходных мономеров. Например, к сополимерам относятся бутадиен-нитрильный каучук, применяемый для изготовления теплостойких резиновых изделий, и акрилонитрил-бутадиен-стирольный пластик, из которого изготавливают детали автомобилей и бытовой техники, игрушки и пластиковые карты для пропусков.

Свойства сополимера зависят от соотношения мономерных звеньев и их расположения. Состав сополимера в некоторых случаях можно контролировать по его кислотным свойствам, для анализа используют титрование — этот метод основан на точном определении объема раствора щелочи известной концентрации, необходимого для нейтрализации раствора образца.

Кристаллический гидроксид калия по свойствам не является веществом, пригодным для получения точного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и гидрокарбонатов. Поэтому растворением щелочи получают раствор примерной концентрации, а его точную концентрацию устанавливают с помощью титрования точным раствором кислоты, приготовленным из стандарт-титра (ампулы, содержащей точно известное количество вещества).

1. Определите точную концентрацию раствора щелочи, если на титрование аликвоты 20 мл раствора в присутствии индикатора метилоранжа для изменения окраски с желтой на оранжевую затрачено V мл R моль/л соляной кислоты. В ответе укажите концентрацию щелочи (моль/л) с точностью до тысячных.

Решение

Количества веществ равны

$$n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}},$$

откуда концентрация щелочи

$$C_{\text{KOH}} = \frac{C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}} = \frac{C_{\text{HCl}} (\text{моль/л}) V_{\text{HCl}} (\text{мл})}{20 (\text{мл})} [\text{моль/л}].$$

Погрешность вычислений 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{V \cdot R}{20}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| V | 5 | 15 | 0,1 |
| R | 0,8 | 1,3 | 0,003 |

2. Сополимер получили следующим образом: в пробирку поместили инициатор, стирол и метакриловую кислоту, полимеризацию вели при температуре 60 °С. Полученную сиропообразную массу медленно при перемешивании вылили в стакан с петролейным эфиром. Образовавшийся осадок отделили, промыли эфиром и высушили до постоянной массы.

Кислотное число (КЧ) — условный химический показатель, масса (в мг) гидроксида калия, необходимая для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Для определения кислотного числа в коническую колбу поместили навеску m г сополимера, прилили 25 мл нейтрализованного диоксана для растворения. После этого пробу оттитровали L моль/л спиртовым раствором гидроксида калия с раствором фенолфталеина до появления розовой окраски. Определите кислотное число (с точностью до сотых), если на титрование затрачено V мл щелочи.

Решение

Количество вещества щелочи равно $n_{\text{KOH}} = C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}}$, откуда масса щелочи $m_{\text{KOH}} = n_{\text{KOH}}M_{\text{KOH}} = 56 \cdot C_{\text{KOH}}V_{\text{KOH}}$, откуда кислотное число

$$K = \frac{m_{\text{KOH}} (\text{мг})}{m_{\text{пробы}} (\text{г})} = \frac{56 \cdot C_{\text{KOH}} (\text{моль/л}) V_{\text{KOH}} (\text{мл})}{1000} \cdot \frac{1000}{m_{\text{пробы}} (\text{г})}.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{56 \cdot V \cdot L}{m}.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-------|
| m | 0,5 | 0,8 | 0,002 |
| L | 0,07 | 0,12 | 0,004 |
| V | 9 | 17 | 0,1 |

3. Определите массовую долю (%) звеньев метакриловой кислоты, если известно, что его кислотное число составляет Z . Считайте, что кислотность полимера обусловлена только кислотными группами метакриловой кислоты; ответ приведите с точностью до сотых.

Решение

Масса щелочи (мг) в 1 г образца равна кислотному числу K , откуда количество вещества щелочи равно

$$n_{\text{KOH}} = \frac{m_{\text{KOH}}}{M_{\text{KOH}}} = \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{KOH}}}.$$

Одно звено метакриловой кислоты содержит одну карбоксильную группу, а значит является одноосновной, реагируя с щелочью в соотношении 1 : 1. Тогда

$$n_{\text{метакрил. звено}} = n_{\text{KOH}}, \quad m_{\text{метакрил. звено}} = M_{\text{кислоты}} \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{KOH}}},$$

откуда массовая доля составляет

$$\omega = \frac{m_{\text{метакрил. звено}}}{m_{\text{полимер}}} = M_{\text{кислоты}} \frac{K}{1000 \cdot M_{\text{KOH}}} \cdot \frac{1}{1} \cdot 100\%.$$

Погрешность 0,05.

Формула для автоматического расчета

$$\frac{\left(\frac{Z}{1000 \cdot 56}\right) \cdot 86}{1} \cdot 100.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|-----|
| Z | 70 | 140 | 0,1 |

Задача II.3.6.6. Этилен в пищевых технологиях (15 баллов)

Темы: смеси веществ, массовые доли, органическая химия, расчеты по уравнениям реакций.

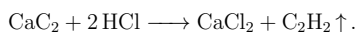
Условие

Этилен является важнейшим компонентом мировой нефтехимической промышленности, служащим основным строительным блоком для производства различных химикатов и пластмасс. Важность этилена нельзя недооценивать, поскольку он играет решающую роль в стимулировании экономического роста и инноваций во всем мире. Этилен также рассматривается как многофункциональный фитогормон, который регулирует процессы роста и старения в зависимости от его концентрации, сроков применения и видов растений. Дмитрий Николаевич Нелюбов впервые (1901 г.) отметил влияние этилена на растения в опытах с горохом — эта культура оказалась настолько чувствительной к этилену, что его стали использовать в биотестах для определения низких концентрациях этого газа. Современная пищевая промышленность использует процесс **газация** для регулирования оптимальных сроков созревания и годности овощей и фруктов.

К навеске технического карбида кальция, массой A г и содержащего $B\%$ инертных примесей, добавили навеску карбида алюминия, перемешали и растворили в соляной кислоте. При этом объем выделившегося газа составил Q л. Полученную смесь газов некоторое время пропускали над никелевым катализатором при 750°C . Затем добавляли водород до тех пор, пока смесь не стала однородной по алкену. Выход продукта составил 91% . Далее полученный этилен был использован для синтеза пищевой пленки. Рассчитайте массу **хлороводорода**, необходимого для присоединения к этилену (ответ приведите в г и округлите до целого числа).

Решение

Реакция 1.



Объем ацетилена определим по формуле: $V = 22,4 \text{ л/моль} \cdot n$. Необходим предварительный расчет количества чистого вещества карбида кальция $n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2}$.

Если в техническом карбиде кальция содержится 18% примесей, то массовая доля чистого вещества составляет 82% .

$$n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = \frac{m(\text{смеси}) \cdot \omega(\text{CaC}_2 \text{ чист.})}{M \cdot 100\%} = \frac{500 \cdot 0,80}{64} = 6,4 \text{ моль.}$$

Пусть $n_{\text{CaC}_2 \text{ чист.}} = x$ моль и $n_{\text{Al}_4\text{C}_3} = y$ моль.

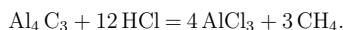
$$n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 6,4 \text{ моль.}$$

$$V_{\text{C}_2\text{H}_2} = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 6,4 \text{ моль} = 143,36 \text{ л.}$$

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{C}_2\text{H}_2} + V_{\text{CH}_4} = 143,36 + 40,32 = 183,68 \text{ л.}$$

$$V_{\text{CH}_4} = 40,32 \text{ л.}$$

$$n_{\text{CH}_4} = 1,8 \text{ моль.}$$



$$3n_{\text{CH}_4} = n_{\text{Al}_4\text{C}_3}.$$

Зная мольную долю выхода продукта реакции, определим практический выход этилена:

$$\begin{aligned}n_{\text{пр. C}_2\text{H}_4} &= \eta \cdot n_{\text{теор. C}_2\text{H}_4} \\n_{\text{пр. C}_2\text{H}_4} &= 0,91 \cdot n_{\text{теор. C}_2\text{H}_4} \\2 \text{CH}_4 &\xrightarrow{\text{кат, t}} \text{C}_2\text{H}_4 + 2 \text{H}_2 \\ \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2 &\xrightarrow{\text{кат, t}} \text{C}_2\text{H}_4 \\n_{\text{C}_2\text{H}_4(\text{общ})} &= 7,3 \text{ моль} \\n_{\text{C}_2\text{H}_4} &= n_{\text{HCl}} = n_{\text{C}_2\text{H}_7\text{Cl}}\end{aligned}$$

η -практический выход в долях.

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (6,4 + 0,9) \cdot 0,91 \cdot 36,5 = 242,4695 = 242 \text{ г.}$$

$$m_{\text{HCl}} = \left(\frac{0,5 \cdot 500 \cdot 0,82}{64} + 0,02232 \cdot 183,68 \right) \cdot 33,215 = 242,5615 \text{ г} = 243 \text{ г.}$$

Погрешность ± 2 .

Итоговый ответ зависит от исходных значений Q, A и B.

Формула для автоматического расчета

$$m_{\text{HCl}} = \left(\frac{0,5 \cdot A \cdot (1 - 0,01B)}{64} + 0,02232 \cdot Q \right) \cdot 33,215.$$

Диапазоны

| Переменная | Начальное значение | Конечное значение | Шаг |
|------------|--------------------|-------------------|------|
| Q | 157,92 | 183,68 | 0,5 |
| A | 366 | 500 | 0,5 |
| B | 16 | 20 | 0,05 |

Задача II.3.6.7. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Темы: химии России.

Условие

Русский вклад в Нобелевскую премию за маргарин: кого «забыли» иностранные производители?

Рост населения планеты опережает экономическое развитие многих стран, усугубляя вопросы обеспечения продовольствием. Поиск способа заменить сливочное масло более дешевым, а значит, доступным продуктом, привел к изобретению в XIX веке маргарина. Как технологический продукт он является совокупностью научных знаний, в том числе полученных русскими учеными.

Маргарин — пищевой жир, состоит из смеси гидрогенизированных масел (подсолнечного, кукурузного, хлопкового и др.), животных жиров, молока и вкусовых добавок (соли, сахара, витаминов и др.). Рецептурный состав твердой жировой основы для маргарина значительно колеблется в зависимости от источников растительного сырья и традиций страны. Procter&Gamble в 1909 году впервые стала производить маргарин на основе хлопкового и арахисового масла.

Назовите именную реакцию, указав фамилию русского химика, который заложил теоретические основы кинетики каталитического гидрирования и расщепления жиров.

1. Ишполит Меж-Мурье.
2. Модест Яковлевич Киттары.
3. Николай Николаевич Зинин.
4. Сергей Алексеевич Фокин.
5. Федор Федорович Эрисман.
6. Юрий Анатольевич Овчинников.
7. Александр Абрамович Воскресенский.
8. Александр Михайлович Бутлеров.
9. Михаил Михайлович Шемякин.
10. Виктор Александрович Тутьельян.

Ответ: 4.

Инженерный тур

Задания инженерного тура первого отборочного этапа связаны со следующими областями знаний: обработка данных, программирование на Python, линейная алгебра и математический анализ, органическая, физическая и неорганическая химия. Задания направлены на погружение в профиль Инфохимия и раскрытие компетенций, необходимых для решения задач второго и финального туров.

Задача П.4.1. Кодирование химической информации. Шифрование с помощью химических систем (10 баллов)

Темы: математика, химия, комбинаторика.

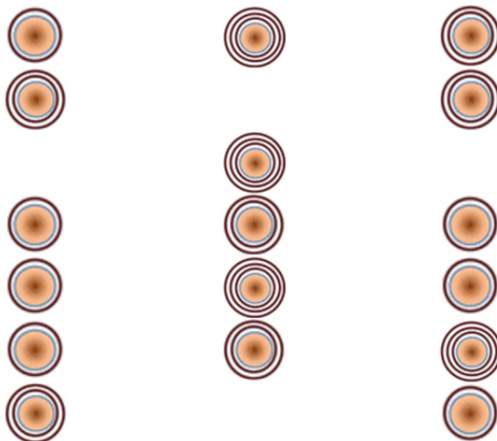
Условие

В 2020 году ученые из НОЦ Инфохимии Университета ИТМО предложили способ хранения информации, основанный на создании периодических структур на тонких пленках. Для приготовления пленок использовали 1 мас. % раствор агара. В чашку Петри диаметром 90 мм добавляли 4 мл горячего раствора агара и равномерно распределяли по поверхности. Матрица полностью желатинировалась и была готова к использованию в течение 1–3 мин. После этого на поверхность по каплям наносили растворы серебра различной концентрации: 0, 0,2, 0,5, 1 и 2 мас. %. Под воздействием ультрафиолетового излучения образовывались узоры. Таким образом был сформирован набор из пяти символов (кольца, сформированные из раствора нитрата серебра, концентрацией 0,2% принимали за 1; 0,5% — 2; 1% — 3; 2% — 4; отсутствие кольца приравнивается к 0).

На рисунке представлены узоры и алфавит.

| | № | Comb. | Symbol | № | Comb. | Symbol | № | Comb. | Symbol | № | Comb. | Symbol |
|----|-----|-------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| 1 | 1 | 000 | SPACE | 25 | 044 | 8 | 49 | 143 | P | 73 | 242 | h |
| | 2 | 001 | ! | 26 | 100 | 9 | 50 | 144 | Q | 74 | 243 | i |
| | 3 | 002 | * | 27 | 101 | : | 51 | 200 | R | 75 | 244 | j |
| | 4 | 003 | # | 28 | 102 | : | 52 | 201 | S | 76 | 300 | k |
| | 5 | 004 | \$ | 29 | 103 | < | 53 | 202 | T | 77 | 301 | l |
| 2 | 6 | 010 | % | 30 | 104 | = | 54 | 203 | U | 78 | 302 | m |
| | 7 | 011 | & | 31 | 110 | > | 55 | 204 | V | 79 | 303 | n |
| | 8 | 012 | ' | 32 | 111 | ? | 56 | 210 | W | 80 | 304 | o |
| | 9 | 013 | (| 33 | 112 | @ | 57 | 211 | X | 81 | 310 | p |
| | 10 | 014 |) | 34 | 113 | A | 58 | 212 | Y | 82 | 311 | q |
| 3 | 11 | 020 | * | 35 | 114 | B | 59 | 213 | Z | 83 | 312 | r |
| | 12 | 021 | + | 36 | 120 | C | 60 | 214 | [| 84 | 313 | s |
| | 13 | 022 | , | 37 | 121 | D | 61 | 220 | \ | 85 | 314 | t |
| | 14 | 023 | - | 38 | 122 | E | 62 | 221 |] | 86 | 320 | u |
| | 15 | 024 | . | 39 | 123 | F | 63 | 222 | ^ | 87 | 321 | v |
| 4 | 16 | 030 | / | 40 | 124 | G | 64 | 223 | -- | 88 | 322 | w |
| | 17 | 031 | 0 | 41 | 130 | H | 65 | 224 | ` | 89 | 323 | x |
| | 18 | 032 | 1 | 42 | 131 | i | 66 | 230 | a | 90 | 324 | y |
| | 19 | 033 | 2 | 43 | 132 | J | 67 | 231 | b | 100 | 330 | z |
| | 20 | 034 | 3 | 44 | 133 | K | 68 | 232 | c | 101 | 331 | { |
| 21 | 040 | 4 | 45 | 134 | L | 69 | 233 | d | 102 | 332 | | |
| 22 | 041 | 5 | 46 | 140 | M | 70 | 234 | e | 103 | 333 | } | |
| 23 | 042 | 6 | 47 | 141 | N | 71 | 240 | f | 104 | 334 | ~ | |
| 24 | 043 | 7 | 48 | 142 | O | 72 | 241 | g | 105 | 340 | Enter | |

1. Напишите газообразные продукты реакции, на которой основана данная технология.
2. Рассчитайте максимальное количество символов, которое можно зашифровать данным способом.
3. Расшифруйте следующую фразу.



Ответ представьте в виде: *продукты реакции, максимальное количество символов, фраза.*

Решение

1. $2 \text{AgNO}_3 \text{ УФ} \longrightarrow 2 \text{Ag} + 2 \text{NO}_2 + \text{O}_2$.
2. Каждая буква алфавита соответствует комбинации из трех цифр из набора 0,1, 2, 3 и 4. Каждая цифра соответствует определенной концентрации; 0 означает нулевую концентрацию. Выбор количества цифр, кодирующих символы, и пяти различных сигналов позволяет нам закодировать $5^3 = 125$ различных символов. Этого количества достаточно для кодирования 105-ти основных символов текста на английском языке.
3. Первая зашифрованная строчка, соотносится с цифрами 243, по алфавиту соответствующая букве «i», аналогично расшифровываются строчки ниже, с получением ответа: in4chem.

Ответ: NO2, O2, 125, in4chem.

Задача II.4.2. Математическая статистика. Определение несмещенной выборочной дисперсии (10 баллов)

Темы: математика.

Условие

По заданной выборке https://disk.yandex.ru/d/B63Tq8d43sZSBg/Выборка_для_задачи_2.xlsx определите несмещенную выборочную дисперсию генеральной совокупности.

Ответ дайте с точностью до двух знаков после запятой.

Решение

Элементы выборки отсортировать по возрастанию (столбец X). В следующем справа столбце представить квадраты упорядоченных значений. В соответствии с формулой 1 определить выборочная средняя X_B выборки как среднее арифметическое элементов столбца X .

Необходимо рассчитать выборочную дисперсию, как разность между выборочным средним квадратом $\underline{X_B^2}$ и квадратом выборочной средней X_B^2 : по формуле $D^*[X] = \underline{X_B^2} - X_B^2$.

$$D^*[X] = 6, 18.$$

Вычислить несмещенную выборочную дисперсия используя формулу:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X_B})^2 = \frac{n}{n-1} D^*[X].$$

$$s^2 = 6, 30.$$

Ответ: 6,30.

Задача II.4.3. Электрохимия (10 баллов)

Темы: физическая химия.

Условие

Ячейка Даниэля — простейшая электрохимическая ячейка с постоянной разностью потенциалов, изобретенная британским химиком Джоном Даниэлем в 1836 году.



Она состоит из медной чаши, которая наполнена раствором сульфата меди (II). В этот раствор погружен глиняный сосуд, в котором находится серная кислота с цинковым электродом. Таким образом, две полуячейки разделены соевым мостиком.

Позже установили, что стандартная свободная энергия Гиббса для реакций в ячейке Даниэля при 25 °С составляет $-212,7 \text{ кДж} \times \text{моль}^{-1}$, а коэффициенты молярности $b(\text{CuSO}_4) = 1,0 \times 10^{-3} \text{ моль} \times \text{кг}^{-1}$ и $b(\text{ZnSO}_4) = 3,0 \times 10^{-3} \text{ моль} \times \text{кг}^{-1}$.

Рассчитайте:

1. ионную силу растворов в ячейке,
2. средние коэффициенты активности ионов,
3. стандартный потенциал ячейки,
4. действующий потенциал ячейки.

Примечание: можно принять коэффициенты активностей положительных и отрицательных ионов равными друг другу в соответствующих отделениях ячейки.

Решение

1. Ионная сила раствора в приближении Дебая – Хюккеля рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{b}{b_0} \right)_+ z_+^2 + \left(\frac{b}{b_0} \right)_- z_-^2 \right) = 4 \frac{b}{b_0},$$

и равна:

- для CuSO_4 $I = 4 \times 10^{-3}$;
- для ZnSO_4 $I = 1,2 \times 10^{-2}$.

2. По закону Дебая – Хюккеля коэффициент активности рассчитывается по формуле:

$$\log \gamma_{\pm} = -|Z_+ Z_-| A I^{\frac{1}{2}},$$

где $A = 0,509$ при 25°C , и равны:

$$\log \gamma_{\pm}(\text{CuSO}_4) = -4 \times 0,509 \times (4 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} = -0,1288.$$

$$\gamma_{\pm}(\text{CuSO}_4) = 0,74.$$

Аналогично

$$\gamma_{\pm}(\text{ZnSO}_4) = 0,60.$$

3. Стандартный потенциал ячейки рассчитывается из энергии Гиббса:

$$E^0 = -\frac{\Delta_r G}{nF},$$

и равняется: $+1,102 \text{ В}$.

4. Для расчета действующего потенциала необходимо учесть коэффициент реакции Q :

$$Q = \frac{a(\text{Zn}^{2+})a(\text{SO}_4^{2-})}{a(\text{Cu}^{2+})a(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{\gamma_{\pm} b_+(\text{Zn}^{2+}) \gamma_{-} b_-(\text{SO}_4^{2-})}{\gamma_{\pm} b_+(\text{Cu}^{2+}) \gamma_{-} b_-(\text{SO}_4^{2-})},$$

и равняется: $5,9$.

Откуда действующий потенциал ячейки:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q = 1,102 \text{ В} - \frac{25,7 \times 10^{-3} \text{ В}}{2} \ln(5,9),$$

и равняется: $+1,079 \text{ В}$.

Ответ:

- ионная сила:
 - для CuSO_4 $I = 4 \times 10^{-3}$;
 - для ZnSO_4 $I = 1,2 \times 10^{-2}$.
- коэффициент активности $\text{CuSO}_4 = 0,74$;
коэффициент активности $\text{ZnSO}_4 = 0,60$;
- стандартный электродный потенциал: $+1,102 \text{ В}$;
- действующий потенциал ячейки: $+1,079 \text{ В}$.

Задача II.4.4. Неорганическая химия (10 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

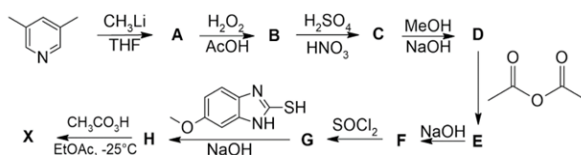
Две соли X и Y массой $8,00 \text{ г}$ и $2,00 \text{ г}$ соответственно реагируют между собой с образованием единственного продукта — труднорастворимой в воде соли Z массой $10,00 \text{ г}$. Если $8,00 \text{ г}$ соли X подвергнуть разложению, то образуется только $7,507 \text{ г}$ соли Z и кислород. Также известно, что соль Y — бинарное соединение. Укажите состав солей X, Y и Z.

Ответ: соль X: $\text{Ba}(\text{IO}_4)_2$, соль Y: BaI_2 , соль Z: $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$.

Задача II.4.5. Неорганическая химия (10 баллов)

Темы: неорганическая химия, органическая химия, катализ.

Условие



Известно, что:

- D содержит меньше атомов кислорода, чем C. В веществе D $w(O) = 10,59\%$;
- разница молярных масс G и исходного соединения составляет 64,5 г/моль;
- определите молярные массы (г/моль) всех загаданных веществ;
- все атомные массы считать целыми, кроме Cl, $A_r(Cl) = 35,5$.

Ответ:

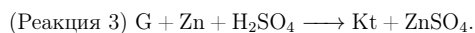
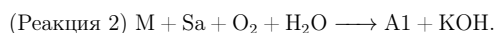
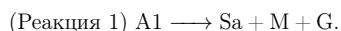
- $M(A) = 121$;
- $M(B) = 137$;
- $M(C) = 182$;
- $M(D) = 167$;
- $M(E) = 209$;
- $M(F) = 167$;
- $M(G) = 186,5$;
- $M(H) = 329$;
- $M(X) = 345$.

Задача II.4.6. Неорганическая химия (10 баллов)

Темы: неорганическая химия, катализ.

Условие

В приведенных ниже схемах реакций (без коэффициентов!) буквой М обозначен металл, Sa — соль, G — газ, Kt — кислота, X — хлориды.



(Реакция 7) $X1 + Sa \text{ (изб)} \longrightarrow A1 + KCl$.

(Реакция 8) $X2 + Sa \text{ (изб)} \longrightarrow A2 + KCl$.

(Реакция 9) $Sa + M + A2 \longrightarrow A1$.

(Реакция 10) Восстановление G избытком водорода на никелевом катализаторе приводит, в отличие от восстановления цинком в кислоте (см. реакцию 3), к совсем другому продукту.

Напишите уравнения десяти указанных реакций, соблюдая указанный порядок веществ.

Ответ.

Реакция 1: $2 K[Au(CN)_2] = 2 KCN + 2 Au + (CN)_2$,

$2 K[Au(CN)_2] = 2 KCN + 2 Au + C_2N_2$,

$2 K[Au(CN)_2] = 2 KCN + 2 Au + N_2C_2$.

Реакция 2: $4 Au + 8 KCN + O_2 + 2 H_2O = 4 K[Au(CN)_2] + 4 KOH$.

Реакция 3: $(CN)_2 + Zn + H_2SO_4 = 2 HCN + ZnSO_4$,

$C_2N_2 + Zn + H_2SO_4 = 2 HCN + ZnSO_4$,

$N_2C_2 + Zn + H_2SO_4 = 2 HCN + ZnSO_4$.

Реакция 4: $HCN + KOH = KCN + H_2O$.

Реакция 5: $2 Au + Cl_2 = 2 AuCl$.

Реакция 6: $2 Au + 3 Cl_2 = 2 AuCl_3$.

Реакция 7: $AuCl + 2 KCN = K[Au(CN)_2] + KCl$.

Реакция 8: $AuCl_3 + 4 KCN = K[Au(CN)_4] + 3 KCl$.

Реакция 9: $2 KCN + 2 Au + K[Au(CN)_4] = 3 K[Au(CN)_2]$.

Реакция 10: $(CN)_2 + 4 H_2 = C_2N_2H_8$, $C_2N_2 + 4 H_2 = C_2N_2H_8$, $N_2C_2 + 4 H_2 = C_2N_2H_8$,

$(CN)_2 + 4 H_2 = NH_2CH_2CH_2NH_2$, $C_2N_2 + 4 H_2 = NH_2CH_2CH_2NH_2$,

$N_2C_2 + 4 H_2 = NH_2CH_2CH_2NH_2$.

Задача II.4.7. Хемоинформатика (10 баллов)

Темы: органическая химия, программирование Python, работа с базами данных.

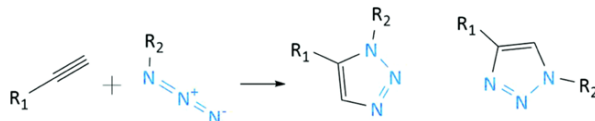
Условие

Как известно, методы хемоинформатики позволяют существенно ускорить процесс поиска новых лекарств. Один из популярных способов поиска новых молекул с нужными нам свойствами базируется на методе комбинаторного перебора. Представим, что у нас есть химическая реакция, в которую вступают реагенты двух типов: X и Y. На вход программы поступают два файла с реагентами типов X и Y соответственно. Затем для всех возможных пар вида X–Y программа запускает процесс виртуальной химической реакции и записывает получившиеся продукты в выходной файл. Все химические соединения записаны в специальной закодированной форме,

понятной компьютеру.

В качестве кодировки обычно используется SMILES-нотация молекул (https://www.daylight.com/dayhtml_tutorials/languages/smiles/index.html#STEREO), а механизмы химических реакций описывается с помощью шаблонов SMARTS (https://www.daylight.com/dayhtml_tutorials/languages/smarts/index.html).

Напишите программу, которая проводит виртуальную реакцию азид-алкинового циклоприсоединения с образованием двух изомеров триазолов.



В качестве ответа укажите продукты реакции:

- для азида C1=CC=C(C=C1)C(=O)N=[N+]=[N-];
- для алкина C#CC(C(=O)NCCOCCOCC(=O)O)N.

Для простоты считайте, что атомы в составе азидной группы исходного реагента не имеют заряда. Получившиеся продукты запишите в виде SMILES-нотации через запятую без пробела. Не забудьте привести SMILES-записи к каноническому (!) виду.

Пример записи ответа: COC(=O)c1ccc(C2=C(C3CCNCC3)C(O)C=C(O)C2)cc1, OC(=O)c1ccc(C2=C(C3CCNCC3)CC(O)=CC2O)cc1

Подсказка: вы можете воспользоваться библиотекой RDKit языка программирования Python.

Решение

1. Для начала зададим шаблон SMARTS, описывающий механизм нашей реакции: [*:6][N:1]=[N:2]=[N:3].[C:4]#[C:5]>>[*:6][N:1]1[N:2]=[N:3][C:4]=[C:5]1.

Пояснение. Шаблон можно разбить на две части, разделенные «>>».

В левой части через точку задаются вещества, участвующие в реакции. Нам достаточно описать только функциональные группы, участвующие в реакции (азидная группа и тройная связь в нашем случае). Знак «=» означает двойную связь, «#» — тройную. Зарядами атомов азота в азидной группе можно пренебречь. Цифры, указанные через двоеточие, задают нумерацию атомов для удобства обращения к ним. Символ «*» обозначает любой атом. Поскольку в азиде, помимо азидной функциональной группы, обязательно должны быть еще какие-то атомы, их наличие можно задать с помощью «*».

В правой части задается конечный продукт. В нашем случае атомы, образующие азидную группу и тройную связь, объединяются в триазольное кольцо. Цифры, выделенные красным, обозначают начало и конец цикла. То что в реакции образуются два изомера, программа определяет автоматически.

2. Теперь напишем полноценный код.

```
from rdkit.Chem import * # импортируем необходимые библиотеки

mol = MolFromSmiles('C1=CC=C(C=C1)C(=O)N=[N+]=[N-]')
```

```

# переводим нужные азид и алкин из формата SMILES в формат Mol для
↳ дальнейших вычислений
mol2 = MolFromSmiles('C#CC(C(=O)NCCOCCOCC(=O)O)N')
# задаем шаблон нужной реакции
click_template =
↳ ' [*:6] [N:1]=[N:2]=[N:3] . [C:4]#[C:5]>>[*:6] [N:1]1[N:2]=[N:3] [C:4]=[C:5]1'
# задаем функцию для проведения реакции, в которую передаем наш шаблон
rxn = rdChemReactions.ReactionFromSmarts(click_template)
reactants = (mol, mol2)
# запускаем реакцию для нужных реагентов
out = rxn.RunReactants((reactants[0], reactants[1]))
# преобразовываем продукты в формат SMILES
products = list([Chem.MolToSmiles(product[0]) for product in out])
# приводим SMILES к каноническому виду и печатаем продукты на экран
print(CanonSmiles(products[0]))
print(CanonSmiles(prom_products[1]))

```

Ответ: NC(C(=O)NCCOCCOCC(=O)O)C1=CN=[N+][N]1C(=O)c1cccc1,
NC(C(=O)NCCOCCOCC(=O)O)C1=CN(C(=O)c2cccc2)[N+]=N1.

Задача II.4.8. Органическая химия. Ингибиторы коррозии (10 баллов)

Темы: органическая химия, катализ.

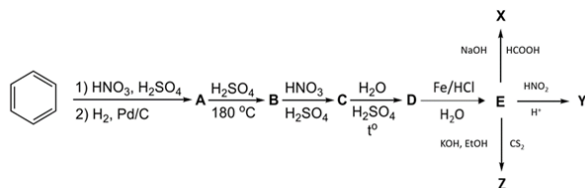
Условие

В НОЦ ИнфоХимии ученые занимаются изучением коэффициента распределения ингибиторов коррозии в системе нефть-вода. В основном используют три химических вещества, схемы синтеза которых представлены ниже. В ходе экспериментов с ингибиторами применяется вещество W, меняющее свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода в растворе. Так, в щелочной среде это вещество имеет желтую окраску, а в кислой – красную.

Известно также, что массовая доля углерода в веществах X, Y, Z равна соответственно 71,17%; 60,49%; 55,97%.

1. Напишите название вещества W.
2. Определите вещества A–E, X, Y, Z. Напишите их брутто-формулы.

За название каждого вещества 1 балл.



Ответ:

1. метиловый оранжевый;
2. А — C_6H_7N ;
 В — $C_6H_7NO_3S$;
 С — $C_6H_6N_2O_5S$;
 D — $C_6H_6N_2O_2$;
 E — $C_6H_6N_2$;
 X — $C_7H_6N_2$;
 Y — $C_6H_5N_3$;
 Z — $C_7H_6N_2S$.

Задача II.4.9. Программирование (10 баллов)

Темы: обработка данных, программирование Python.

Условие

Представленный набор данных в файле https://disk.yandex.ru/d/B63Tq8d43sZSBg/Для_задачи_9.csv — это набор данных о семи различных типах рыб, продаваемых в некоторой рыбной лавке. Цель заключается в том, чтобы предсказать массу рыбы по каким-то косвенным признакам, известным о рыбе. Сами признаки, быть может, нужно синтезировать из тех, что известны. Задание выполняется на языке программирования Python.

При помощи `train_test_split()` разбейте набор данных на обучающую и тестовую выборки с параметрами `test_size=0.15`, `random_state=42`. Используйте стратификацию по колонке `Species`. Стратификация позволит сохранить доли представленных объектов (по представителям типов рыб) в тренировочной и тестовой выборках.

Вычислите выборочное среднее колонки `Width` полученной тренировочной выборки. Округлите до сотых.

Вычислите Стандартное квадратичное отклонение (СКО) для колонки `Weight`. Округлите до сотых.

В ответ запишите два числа без запятых и пробелов (используйте точку в качестве разделителя).

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  # использование Python, библиотеки Pandas, и sklearn
2  import pandas as pd
3  # импорт необходимой библиотеки
4  from sklearn.model_selection import train_test_split
5
6  # импорт набора данных
7  df = pd.read_csv('fish_train.csv')
8  # разбиение данных на тестовую и тренировочную выборку
9  train_df, test_df = train_test_split(df, test_size=0.15, random_state=42,
   ↪ stratify=df['Species'])
10 # среднее арифметическое

```

```
11 mean_width = round(train_df['Width'].mean(),2)
12 # СКО среднего арифметического
13 std_weight = round(train_df['Weight'].std(),2)
14 # вывод на экран
15 print(mean_width,std_weight)
```

Ответ: 4.49343.93.

Задача II.4.10. Программирование (10 баллов)

Темы: обработка данных, программирование Python.

Условие

Представленный файл https://disk.yandex.ru/d/B63Tq8d43sZSBg/Для_задачи_10.txt — это набор химических терминов на английском языке. Откройте данный файл, считайте с него информацию, удалите все пробелы и переносы строк, приведите все символы к нижнему регистру, и посчитайте количество символов в полученной строке. Это значение необходимо захешировать с помощью криптографического алгоритма SHA-256, полученный хеш вписать в ответ. При решении задачи рекомендуем использовать язык программирования Python.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 # использование Python, библиотеки hashlib
2 # импорт необходимой библиотеки
3 import hashlib
4 # открытие файла
5 with open('task.txt','r') as file:
6     # прочтение файла и получение массива данных
7     list_of_terms = file.readlines()
8     # объединение массива в одну строку
9     text = ''.join(list_of_terms)
10    result = "".join(text.split()).lower()
11    # хеширование строки
12    hashed_result = hashlib.sha256(result.encode()).hexdigest()
13    # вывод на экран строки итоговой
14    print(result)
15    # вывод на экран
16    print("Хеш SHA-256:", hashed_result)
```

Ответ: 7514b22a14b1715053423c0fe567f9744a9b666749e6c6158b70adf175f084eb.

Задача II.4.11. Программирование (10 баллов)

Темы: обработка данных, программирование Python.

Условие

Напишите программу, которая находит сумму всех нечетных чисел из последовательности Фибоначчи, не превышающих заданное положительное целое число N .

Какая будет сумма при $N = 123456$?

Числа Фибоначчи — элементы числовой последовательности, в которой первые два числа равны 0 и 1, а каждое последующее число равно сумме двух предыдущих чисел.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  # использование Python, библиотека functools
2  # объявление функции
3  def sum_fib(n):
4      # список из первых двух значений чисел Фибоначчи
5      list_fib = [1,1]
6      while True:
7          # получение следующего числа Фибоначчи
8          fib = list_fib[-1] + list_fib[-2]
9          if fib > n:
10             # создание списка, чисел из последовательности Фибоначчи не кратных
11             ↵ двум
12             list_fib = [int(i) for i in list_fib if i % 2 != 0]
13             # получение суммы всех чисел итоговой последовательности
14             summary = reduce(lambda x,y: x + y, list_fib )
15             break
16         else:
17             # добавление числа Фибоначчи в список
18             list_fib.append(fib)
19
20     # возвращение суммы значения функции
21     return summary
22
23 # запрос ввода числа с консоли
24 n = int(input())
25 # получение итогового ответа
26 res = sum_fib(n)
27 # вывод на экран
28 print(res)

```

Ответ: 257114.

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).

Второй отборочный этап

Задания второго тура связаны со следующими областями знаний: обработка данных, программирование на Python, линейная алгебра и математический анализ, органическая, физическая и неорганическая химия. Задания направлены на погружение в профиль Инфохимия и раскрытие компетенций, необходимых для решения задач финального тура.

Индивидуальные задачи

Задача IV.1.1. Шероховатость поверхности (20 баллов)

Темы: математика, обработка функций.

Условие

Для заданной функции $\sin(\sqrt{x} \cdot \cos(x)) \cdot x^{1,5}$ в области $[0, 001; 10]$ как профиля поверхности рассчитать:

1. среднеквадратичное отклонение;
2. среднюю линию профиля;
3. максимальное расстояние между пиком и долиной.

Все численные значения должны быть приведены с точностью до третьего знака после запятой.

Материалы для подготовки

Графическое изображение функции $\sin(\sqrt{x} \cdot \cos(x)) \cdot x^{1,5}$ для расчета среднеквадратичного отклонения, средней линии профиля, максимального расстояния между пиком и долиной.

- https://ru.wikipedia.org/wiki/Среднеквадратическое_отклонение.
- <http://www.gaps.tstu.ru/kir/lex/htm/lex01.htm>.

Для решения задачи можно воспользоваться программными обеспечениями Excel/MyMathLab/Python.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 # Подключение библиотеки numpy
2 import numpy as np
3
4 def surface_profile(x):
5     # Определение заданной функции: f(x) = sin(sqrt(x) * cos(x)) * x^1.5
```

```

6     return np.sin(np.sqrt(x) * np.cos(x)) * x**1.5
7
8     def calculate_rms(profile_values):
9         # Определение функции среднеквадратичного отклонения
10        return np.sqrt(np.mean(profile_values**2))
11
12    def calculate_mean_line(profile_values):
13        # Определение средней линии
14        return np.mean(profile_values)
15
16    def calculate_max_distance(profile_values):
17        # Определение максимального расстояния между пиком и долиной
18        max_peak = np.max(profile_values)
19        min_valley = np.min(profile_values)
20        return max_peak - min_valley
21
22    def main():
23        # Определение области определения и шага дискретизации
24        start = 0.001
25        end = 10
26        num_points = 1000000
27
28        x_range = np.linspace(start, end, num_points)
29
30        # Вычисление профиля поверхности в заданной области определения с выбранным
31        ↪ шагом
32        profile_values = surface_profile(x_range)
33
34        # Вычисление СКО, средней линии, и максимального расстояния между долиной и
35        ↪ пиком
36        rms = calculate_rms(profile_values)
37        mean_line = calculate_mean_line(profile_values)
38        max_distance = calculate_max_distance(profile_values)
39
40        # Вывод результата расчета
41        print(f"Root Mean Square (RMS): {rms}")
42        print(f"Mean Line: {mean_line}")
43        print(f"Max Distance between Peak and Valley: {max_distance}")
44
45    if __name__ == "__main__":
46        main()
47
48    # округление можете сделать либо в уме, либо применить функцию round().

```

Ответ:

1. 9,981;
2. -0,295;
3. 44,053.

Задача IV.1.2. Симпатические чернила (20 баллов)

Темы: неорганическая химия, термодинамические расчеты.

Условие

39,81% кислорода по массе. В древние века его использовали в качестве симпатических чернил. Особенно это вещество было популярно у инквизиторов.

Писали послание на обычной бумаге и высушивали послание в темноте, а проявляли чернила, подержав лист над парами нашатырного спирта (над горлышком) или смазав письмо тряпкой, смоченной в нашатыре. Надпись становилась сине-зеленого цвета.

Чернила на основе данного вещества было удобно использовать, потому что их можно было проявить и другими растворами. Кроме того, вещество **X** использовали как противоядие для отравления фосфором. Если подержать вещество **X** в пламени, оно окрасится в зеленый цвет, а вещество **X** химическим количеством 2 моль разлагается с образованием 2 моль твердого черного вещества **Y**, и 3 моль газообразной (н. у.) смеси **Z** и **W**, где **Z** — бесцветный газ с характерным резким запахом загорающейся спички, **W** — простое вещество.

Значения стандартных теплот образования, энтропий и теплоемкостей газообразных **X**, **Y** и **Z** приведены в таблице.

| | ΔH_f^0 , кДж/моль | S^0 , Дж/моль·К | C_p^0 , Дж/моль·К |
|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| X (тв.) | -770,9 | 109,2 | 100 |
| Y (тв.) | -155,08 | 42,64 | 44,78 |
| Z (г.) | -296,53 | 247,58 | 39,87 |
| W (г.) | 0 | 204,86 | 29,36 |

1. Установите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, **W**.
2. При какой температуре начнет замерзать раствор, полученный в результате растворения вещества 20 г **X** в 1 л воды? Криоскопическая постоянная воды 1,86 К·кг/моль, изотонический коэффициент примите равными единице, плотность воды 0,999 г/мл. Ответ округлить до целого числа.
3. На сколько % изменится энтальпия реакции **X** (тв.) → **Y** (тв.) + **Z** (г.) + **W** (г.) при стандартных условиях при повышении температуры от 25 °С до 675 °С? Теплоемкость в интервале температур 25–675 °С считать постоянной. Ответ предоставить в % с точностью до второго знака после запятой.
4. Считая, что энтальпия и энтропия реакции не зависят от температуры, определите изменение стандартной энергии Гиббса (кДж/моль) и константу равновесия реакции разложения **X** при 675 °С. Значение стандартной энергии Гиббса предоставить в кДж/моль, округлив полученное значение до второго знака после запятой, значение константы равновесия предоставить с точностью до третьего знака после запятой.
5. Как влияет повышение температуры и давления на степень разложения вещества **X**?

Материалы для подготовки

Неорганическая химия. В 3-х томах. Под редакцией — Третьякова Ю.Д. <https://drive.google.com/file/d/1clwMumf3bi5BDuX1LDcdlp8Tzqolcvta/view?usp=sharing>.

Ответ:

1. **X** — CuSO₄, **Y** — CuO, **Z** — SO₂, **W** — O₂;
2. 273;
3. 0,13;
4. ΔG (кДж/моль) 50,54. Константа равновесия 0,002;
5. при повышении температуры, степень разложения «увеличивается» При повышении давления, степень разложения «уменьшается».

Задача IV.1.3. Кубики в вакууме (40 баллов)

Темы: квантово-химическое моделирование, оценка термодинамической стабильности при помощи теоретических методов.

Условие

Кубан — углеводородное соединение со структурной формулой (CH)₈. Его изоэлектронные аналоги — N₈ и P₈ — можно изучить только с помощью теоретической химии, т. к. в отличие от кубана, они еще не были получены экспериментально.

1. С помощью пакета для квантово-химических вычислений Orca (версия 5.0.3 или 5.0.4), рассчитайте ΔG реакции разложения N₈ и P₈ на простые вещества в самых стабильных аллотропных модификациях. Ответ представьте в ккал/моль и округлите до двух значащих цифр после запятой. Сделайте вывод о термодинамической стабильности этих молекул. Значит ли это, что изоэлектронные аналоги кубана синтезировать нельзя?
2. Каковы объемы кубов из азота и фосфора? Ответ предоставьте в Å (ангстремах) в диапазоне значений (от и до) и округлите его до одного знака после запятой.
3. Рассчитайте число степеней свободы для молекулы кубана и его изоэлектронных аналогов.
4. Проведите расчет частот (с помощью Orca) для N₈. Каково значение частоты, при которой наблюдается «дыхание» молекулы? Ответ в см⁻¹ предоставьте в диапазоне (от и до).

Рекомендации для проведения расчетов:

- Метод — PBE0 D3BJ.
- Базис — def2-SVP.
- Учет сольватации — нет.

Материалы для подготовки

- https://www.orcasoftware.de/tutorials_orca/.
- Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие для вузов/В. Г. Цирельсон. — 3-е изд.

Решение

1. В задаче предлагается посчитать реакции разложения N_8 на 4 молекулы N_2 , P_8 на 2 молекулы P_4 :

$$\begin{aligned}\Delta G(N_8) &= 4 \cdot \Delta G(N_2) - \Delta G(N_8) = \\ &= 4 \cdot (-109,32828198) - (-436,60490119) = -0,70822673. \\ &-0,70822673 \cdot 627,5095 = -444,42 \text{ ккал/моль.} \\ \Delta G(P_8) &= 2 \cdot \Delta G(P_4) - \Delta G(P_8) = \\ &= 2 \cdot (-1364,55636318) - (-2729,04488514) = -0,06784102. \\ &-0,06784102 \cdot 627,5095 = -42,57 \text{ ккал/моль.}\end{aligned}$$

Вывод: молекулы термодинамически нестабильны, вопрос про синтез: нет.

2. N_8 : ответ должен попадать в диапазон от 3,3 до 3,5, P_8 : от 11,9 до 12,4.
3. Число степеней свободы считается по формуле $3N$, где N — число атомов в молекуле или можно воспользоваться результатом расчета частот в лог файле. $(CH)_8 = 48$, $N_8 = 24$, $P_8 = 24$.
4. «Дыхание» молекулы наблюдается как приближение и отдаление всех атомов к центру куба. Значение в интервале от 981 до 983 считается верным.

Ответ:

1. N_8 : $-444,42$, P_8 : $-42,57$ [ккал/моль] молекулы термодинамически: нестабильны, изоэлектронные аналоги кубана синтезировать нельзя: нет.
2. N_8 : от 3,3 до 3,5, P_8 : от 11,9 до 12,4.
3. $(CH)_8$: 48, N_8 : 24, P_8 : 24.
4. От 981 до 983.

Задача IV.1.4. Загрязнение атмосферы (20 баллов)

Темы: физическая химия, работа с литературным источниками.

Условие

Вулкан Килауэа на Гавайях извергает в среднем 250 т SO_2 в день. Ответьте на вопросы:

1. Если начальные параметры газа $800^\circ C$ и 1,0 атм, то какой объем займет газ (в л)?
2. Во сколько раз этот объем больше или меньше, чем объем SO_2 , который производят автомобили в США в день (статистику взять за 2022 год из источника)? <https://www.statista.com/statistics/1234986/road-transportation-sulfur-dioxide-emissions-us/>. Принять, что выхлоп автомобиля — $200^\circ C$ и 1 атм.

Ответы округлить до целых чисел.

Ответ: 1 — 344162559, 2 — 16.

Командные задачи

Задача IV.2.1. Использование методов машинного обучения в рамках решения задачи предсказания параметров токсичности веществ (100 баллов)

Темы: программирование на Python, знание основ математической статистики, знание основ машинного обучения, знание химии и параметров токсичности веществ.

Условие

Выполнение представленных ниже заданий подразумевает решение одной общей задачи — создание модели машинного обучения, способной по SMILES-формату записи молекулы предсказывать значения пятидесяти смертельных доз (LD50) для млекопитающих при внутрибрюшинном введении.

Формирование общего датасета

В данной ссылке для загрузки представлен необходимый набор данных: <https://disk.yandex.ru/d/Y12J0ioXK50srg/ToxicDataset.csv>.

Описание данных:

- TAID — ID представленной молекулы;
- IUPAC Name — название молекулы по номенклатуре ИЮПАК;
- Pubchem CID — ID молекулы в базе данных PubChem;
- SMILES — смайлс молекулы;
- Canonical Smiles — канонический смайлс молекулы;
- InChIKey — международный химический идентификатор молекулы;
- mouse_intrapertioneal_LD50 — значения пятидесяти смертельных доз (LD50) для мышей при внутрибрюшинном введении.

Пример преобразованного датасета.

| TAID | Canonical Smiles молекулы | mouse_intrapertioneal_LD50 |
|----------|-------------------------------------|----------------------------|
| TOX-245 | S=P(N1CC1)(N1CC1)N1CC1 | 4.235583534 |
| TOX-1326 | CC1CCC2C(C)C(=O)OC3OC4(C)CCC1C32004 | 2.258198804 |
| TOX-1346 | COc1cc(CNC(=O)CCCC=CC(C)C)ccc1O | 4.379467946 |

Препроцессинг

Вывести на экран количество пропусков, дубликатов, при их наличии — удалить. Посчитать среднее значение длины SMILES, чтобы оценить сложность набора данных, а также количество атомов в молекуле без водородов и с водородами. Полученные значения вывести с помощью функции `print()`.

Получение дескрипторов

С помощью методов библиотеки RDKit получите дескрипторы для каждой молекулы, используя канонический SMILES молекулы, например: растворимость, дипольный момент, плотность веществ, молекулярная масса. Выбор количества дескрипторов предоставляется участнику. Ссылка на документацию RDKit, может помочь при выполнении задания: <https://www.rdkit.org/docs/GettingStartedInPython.html#descriptor-calculation>.

С помощью метода `to_csv` библиотеки pandas сохраните полученный набор данных, содержащий в себе:

1. TAID.
2. Canonical SMILES.
3. mouse_intrapertioneal_LD50.
4. Полученные дескрипторы.

Обучение модели

Создать и обучить модель машинного обучения для определения параметра токсичности на основе полученных из библиотеки RDKit дескрипторов с использованием библиотеки CatBoost.

Ссылка на документацию по CatBoost: <https://catboost.ai/en/docs/concepts/python-quickstart>.

Оценка качества модели

Точность полученной модели оценить с помощью метрики R^2 . Полученное значение точности должно превышать 0,5. Чем выше точность модели, тем лучше. В ответе прокомментируйте полученное значение.

Сохраните полученную модель.

Опционально: произведите подбор параметров модели с использованием GridSearchCV или встроенного метода CatBoost.

Критерии оценивания

Задачу требуется решить с помощью языка программирования Python, среда разработки для решения неважна, рекомендуем выполнять задание в Jupyter notebook, ссылки на скачивание:

- Jupyter: <https://jupyter.org/install>;
- PyCharm: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/>;
- Visual Studio Code: <https://code.visualstudio.com/>.

Ответ к задаче должен строго содержать zip-архив, содержащий:

1. `.ru` или `.ipynb`, включающий в себя код для решения задачи;
2. преобразованный набор данных в `.csv` формате;

3. документ формата .docx, описывающий ход работы по каждой задаче и об- суждение полученного результата, с ответами на вопросы: почему получилась именно такая точность, и как можно улучшить модель машинного обучения?

Предоставленные файлы в zip-архиве, должны быть пронумерованы цифрами 1, 2, 3.

При невыполнении требований баллы аннулируется и решение задачи не проверяется.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 import os
2 import pandas as pd
3 from rdkit import Chem
4 import numpy as np
5 from rdkit.ML.Descriptors import MoleculeDescriptors
6 from rdkit.Chem import Descriptors
7 from sklearn.metrics import *
8 from catboost import CatBoostRegressor
9 from sklearn.model_selection import train_test_split
10 from sklearn.metrics import *
11
12 df = pd.read_csv(os.path.join(os.getcwd(), 'ToxicDataset.csv'), decimal=',',
13   ↪ index_col='TAID') # импорт датасета
14 df.dropna(subset=['mouse_intraperitoneal_LD50'], inplace=True) # удаление
15   ↪ пропусков
16 df.dropna(subset=['Canonical SMILES'], inplace=True)
17 df.drop_duplicates(subset=['Canonical SMILES'], inplace=True) # удаление
18   ↪ дубликатов
19 print(df.columns)
20 print(df.info())
21 print(df.isnull().sum())
22 print(df.duplicated().sum())
23
24 canonical_smiles_length = list(df['Canonical SMILES'].apply(lambda x: len(x))) #
25   ↪ Длина смайлса
26
27 print('Mean length of Smiles: ' + str(np.mean(canonical_smiles_length))) # Вывод
28   ↪ средней длины смайлса
29
30 atomsWithHydrogen = list(df['Canonical SMILES'].apply(lambda
31   ↪ x:Chem.AddHs(Chem.MolFromSmiles(x)).GetNumAtoms()) # Кол-во атомов с
32   ↪ водородами
33
34 print('Mean count atoms with Hydrogen: ' + str(np.mean(atomsWithHydrogen))) #
35   ↪ Среднее количество атомов с водородами
36
37 atomsWithoutHydrogen = list(df['Canonical SMILES'].apply(lambda
38   ↪ x:Chem.MolFromSmiles(x).GetNumAtoms()) # Количество атомов без водородов
39
40 print('Mean count atoms without Hydrogen: ' + str(np.mean(atomsWithoutHydrogen)))
41   ↪ # Среднее количество атомов без водородов
42
43
44 def get_all_descriptors(smiles): # функция для подсчета дескрипторов
45     mols = [Chem.MolFromSmiles(i) for i in smiles]
46     calc = MoleculeDescriptors.MolecularDescriptorCalculator([x[0] for x in
47       ↪ Descriptors._descList])
48     desc_names = calc.GetDescriptorNames()
49     mol_descriptors = []

```

```
35     for mol in mols:
36         mol = Chem.AddHs(mol)
37         descriptors = calc.CalcDescriptors(mol)
38         mol_descriptors.append(descriptors)
39     return mol_descriptors, desc_names
40
41     print(df['Canonical SMILES'].describe())
42     mol_descriptors, descriptors_names = get_all_descriptors(df['Canonical
43     ↪ SMILES'].tolist()) #вызов функции для подсчета дескрипторов
44
45     df[['*descriptors_names']] = mol_descriptors # добавление дескрипторов в датасет
46     df.to_csv('result_dataset.csv') # сохранение датасета
47
48     X = df.drop(['mouse_intraperitoneal_LD50', 'IUPAC Name', 'Pubchem CID',
49     ↪ 'InChIKey', 'Canonical SMILES', 'SMILES'], axis=1)
50     y = df['mouse_intraperitoneal_LD50']
51     X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
52     ↪ random_state=42)
53     model = CatBoostRegressor(verbose=250)
54     model.fit(X_train, y_train)
55     y_pred = model.predict(X_test)
56     print(mean_squared_error(y_test, y_pred))
57     print(r2_score(y_test, y_pred))
58     model.save_model('result_model.cbm')
```

Ссылка на файл с решением: <https://disk.yandex.ru/d/Y12J0ioXK50srg/solution.py>.

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 программирование. 8–11 классы

Тестовые наборы для задач представлены по ссылке — https://disk.yandex.ru/d/oqUD_b6FNegU9g.

Задача VI.1.1.1. Три цифры (15 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод.

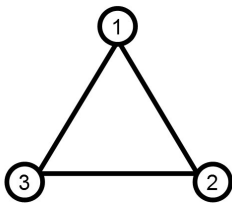
Имя выходного файла: стандартный вывод.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 256 Мбайт.

Условие

Есть равносторонний треугольник, в котором каждая вершина содержит одну цифру. Ваша задача — составить наибольшее трехзначное число, выбирая цифры из вершин треугольника и двигаясь по часовой стрелке или против часовой стрелки.



Формат входных данных

В единственной строке стандартного ввода содержатся три целых числа a , b , c ($0 \leq a, b, c \leq 9$) — числа в вершинах треугольников. По крайней мере, одна из введенных цифр не равна нулю.

Формат выходных данных

Выведите одно целое трехзначное число.

Примеры

Пример №1

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 1 2 3 |
| Стандартный вывод |
| 321 |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 4 2 3 |
| Стандартный вывод |
| 432 |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 1 3 3 |
| Стандартный вывод |
| 331 |

Решение

Легко понять, что достаточно упорядочить три цифры по убыванию, а затем вывести их от наибольшего к наименьшему без разделительных пробелов.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 a = input().split()
2 print(*sorted(a, reverse=True), sep="")
```

Задача VI.1.1.2. Склад и бочки (18 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод.

Имя выходного файла: стандартный вывод.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 256 Мбайт.

Условие

На складе хранятся бочки двух типов: А и В. Все бочки выставлены в один ряд, при этом сначала идут бочки одного типа, затем бочки другого типа. Скоро подъедет машина, в которую нужно будет загрузить k бочек. Игнат первый день работает грузчиком на складе, поэтому он просто возьмет и загрузит сначала k бочек со склада в машину.

Требуется определить, сколько бочек типа А при этом будет загружено в машину.

Формат входных данных

В первой строке дано целое число n и символ c_1 ($1 \leq n \leq 100$), которые описывают бочки, которые стоят слева. Число n задает, сколько бочек этого типа стоят сначала.

Во второй строке даны целое число m и символ c_2 ($1 \leq m \leq 100$), описывающие бочки справа. Число m задает, сколько бочек этого типа стоят следующими.

В третьей строке дано целое число k ($1 \leq k \leq n + m$). Гарантируется, что есть бочки обоих типов, то есть $c_1 \neq c_2$.

Формат выходных данных

Выведите одно число — сколько бочек типа А будет загружено в машину.

Примеры*Пример №1*

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 5 А |
| 6 В |
| 7 |
| Стандартный вывод |
| 5 |

Пример №2

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 5 В |
| 6 А |
| 7 |
| Стандартный вывод |
| 2 |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 5 A 6 B 3 |
| Стандартный вывод |
| 3 |

Пример №4

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 5 B 6 A 3 |
| Стандартный вывод |
| 0 |

Решение

Если слева стоят бочки типа А, то мы возьмем их все, если $k > n$, иначе возьмем k бочек. То есть если $c_1 = A$, то ответ $\min(k, n)$.

Если слева стоят бочки с керосином, то мы не возьмем ни одной бочки типом А, если $k \leq n$, иначе возьмем $k - n$ бочек бензина. То есть, если $c_1 = B$, то ответ $\max(0, n - k)$.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

```

1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int main() {
5      int n1, n2, k, r;
6      char c1, c2;
7
8      cin >> n1 >> c1;
9      cin >> n2 >> c2;
10     cin >> k;
11
12     if (c1 == 'A') r = min(n1, k);
13     if (c1 == 'B') r = max(0, k - n1);
14     cout << r << endl;
15     return 0;
16 }
```

Задача VI.1.1.3. Подготовка к соревнованию (20 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод.

Имя выходного файла: стандартный вывод.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 256 Мбайт.

Условие

У Миши скоро важное соревнование по программированию, и он решил подготовиться к нему. Для этого каждый день он пишет тренировку.

Тренировка состоит из n задач и длится t ч. В первый час Миша всегда решает a задач, а затем тратит на каждую из оставшихся задач b мин. Требуется определить, успеет ли Миша решить все задачи тренировки.

Если Миша успеет решить все задачи, нужно вывести время, которое у него останется в запасе. Если Миша не успеет решить все задачи, то нужно вывести, сколько времени ему не хватит и количество нерешенных им задач.

Формат входных данных

В единственной строке даны четыре натуральных числа n, t, a и b ($5 \leq n \leq 100$, $2 \leq t \leq 24$, $1 \leq a < n$, $10 \leq b \leq 60$).

Формат выходных данных

В первой строке выведите YES, если Миша решит все задачи и у него останется время. Выведите NO, если Миша не успеет решить все задачи. Выведите IDEAL!, если длительности тренировки хватит ровно на решение всех n задач, и времени в запасе не останется.

Если у Миши останется время, то во второй строке нужно вывести, сколько минут у него останется после решения всех задач. Если Миша не успеет решить все задачи, на второй строке нужно вывести количество минут, которых не хватило Мише, а на третьей строке вывести количество задач, которые не успеет решить Миша.

Примеры

Пример №1

| |
|--------------------------|
| Стандартный ввод |
| 12 5 7 45 |
| Стандартный вывод |
| YES |
| 15 |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 12 3 7 45 |
| Стандартный вывод |
| NO |
| 105 |
| 3 |

Пример №3

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 10 3 6 30 |
| Стандартный вывод |
| IDEAL! |

Решение

Обозначим за $finish$ время, которое нужно Мише, чтобы решить все задачи. В первый час будет решено a задач, значит, на остальное время останется $(n - a)$ задач. Таким образом, $finish = 60 + (n - a)b$ мин. Всего соревнование длится $60t$ мин.

Миша в точности успеет решить все задачи, если $finish = 60t$.

Миша успеет решить все задачи, и у него останется время, если $finish < 60t$, а останется у него как раз $60t - finish$ минут.

Если Миша не успеет решить все задачи ($finish > 60t$), то ему не хватит $finish - 60t$ мин. За время $60t$ Миша успеет решить a задач в первый час и $\frac{60(t-1)}{b}$ задач в последующие часы. Таким образом, у него останутся нерешенными $n - a - \frac{60(t-1)}{b}$ задач.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 n, t, f, x = map(int, input().split())
2 n -= f
3 t -= 1
4 if n * x == t * 60:
5     print("IDEAL!")
6 if n * x < t * 60:
7     print("YES")
8     print(t * 60 - n * x)
9 if n * x > t * 60:
10    print("NO")
11    print(n * x - t * 60)
12    print(n - t * 60 // x)

```

Задача VI.1.1.4. Даты это сложно (22 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод.

Имя выходного файла: стандартный вывод.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 256 Мбайт.

Условие

У Маши есть n друзей, и она хочет запомнить дни рождения каждого из них. Однако у некоторых друзей день рождения приходится на один и тот же день. В таких случаях Маша хочет запомнить только день рождения друга, которого она больше всего любит.

Для каждого друга у Маши есть имя, характеристика отношения (чем больше число, тем больше Маша любит друга) и дата рождения в формате DD/MM.

Вам необходимо определить, дни рождения каких друзей Маша запомнит.

Формат входных данных

Первая строка содержит целое число n ($1 \leq n \leq 2000$) — количество друзей Маши.

Следующие n строк содержат описания друзей. Каждая строка состоит из имени друга $name$, начинающегося с заглавной буквы английского алфавита, за которым следуют строчные буквы английского алфавита ($1 \leq |name| \leq 10$), характеристики отношения l ($0 \leq l \leq 10^5$) и даты рождения в формате DD/MM (DD — день рождения, MM — месяц рождения, каждое число состоит ровно из двух цифр).

Все дни рождения — реальные даты для 2024 (високосного) года. Все l различны. Все имена друзей различны.

Формат выходных данных

В первой строке выведите одно число k — количество друзей, дни рождения которых запомнит Маша. Далее выведите k строк — имена друзей в алфавитном порядке.

Примеры

Пример №1

| |
|---|
| Стандартный ввод |
| 3 Sanna 1 16/03 Simon 2 16/03 Saga 3 14/10 |
| Стандартный вывод |
| 2 Saga Simon |

Пример №2

| |
|---|
| Стандартный ввод |
| 10 Oden 78 03/12 Tor 132 14/05 Freja 10000 14/05 Loke 512 12/10 Hel 14 04/05 Fjorgynn 532 13/05 Hildegun 500 13/05 Vindsval 17 03/12 Snotra 20 04/05 Kvaser 420 03/12 |
| Стандартный вывод |
| 5 Fjorgynn Freja Kvaser Loke Snotra |

Решение

При считывании информации о друзьях будем поддерживать для каждого дня друга с максимальным значением c_i . Для этого можно использовать словарь или *map* в зависимости от языка, либо просто создать массив для каждого дня.

Каждый раз, когда вводится новый человек, мы сначала проверяем, не встречался ли человек с таким же днем рождения ранее. В этом случае мы запомним этого человека, иначе сравним значение c_i нового человека с имеющимся для этой даты максимумом. Обновим максимум, если это требуется, и запомним имя нового человека.

Просмотрите все дни рождения и внесите в список имена друзей, которые ему больше всего нравятся. Отсортируйте список (в большинстве языков есть сортировка и сравнение в алфавитном порядке) и выведите.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 N = input()
2 friends = {}
3 for _ in range(N):
4     name, prio, day = raw_input().split()
5     prio = int(prio)
6     if day in friends:
7         if prio > friends[day][1]:
8             friends[day] = (name,prio)
9     else:
10        friends[day] = (name,prio)
11 out = [friends[d][0] for d in friends]
12 out.sort()
13 print len(out)
14 print '\n'.join(out)

```

Задача VI.1.1.5. Красивые числа (25 баллов)

Имя входного файла: стандартный ввод.

Имя выходного файла: стандартный вывод.

Ограничение по времени выполнения программы: 1 с.

Ограничение по памяти: 256 Мбайт.

Условие

На работе Сергеем потребовалось реализовать алгоритм оценки числа на *красивость*. *Красивость* числа n — это отношение суммы всех его делителей, меньших n , к самому числу n . Например, *красивость* числа $B(20) = \frac{1+2+4+5+10}{20} = 1,1$.

С этой задачей Сергей справился легко, поэтому он ее чуть-чуть усложнил. Сергей хотел бы среди всех чисел x таких, что $l \leq x \leq r$, найти числа с максимальной и минимальной *красивостью*. Так как все такие числа находить — задача трудоемкая, среди чисел с одинаковой минимальной или максимальной *красивостью* нужно найти наименьшие.

Формат входных данных

Вводятся два натуральных числа l и r ($2 \leq l \leq r \leq 100\,000$) — границы отрезка, на котором нужно рассматривать числа.

Формат выходных данных

Выведите через пробел два целых числа m_i и m_a , где m_i — минимальное число из всех чисел с минимальной *красивостью*, а m_a — минимальное число из всех чисел с максимальной *красивостью*.

Примеры

Пример №1

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 24 28 |
| Стандартный вывод |
| 25 24 |

Пример №2

| |
|-------------------|
| Стандартный ввод |
| 12 453 |
| Стандартный вывод |
| 449 360 |

Решение

Так как границы интервала — небольшие числа, то мы можем себе позволить пройти по каждому числу с L до R , вычислить его *красивость* по формуле из условия и, если нужно, обновить максимум и минимум.

Чтобы вычислить *красивость*, нужно перебрать все делители числа. Заметим, что все делители разбиваются на пары: если x является делителем числа A , то и $\frac{A}{x}$ является делителем числа A . При этом меньший делитель из пары не превосходит \sqrt{A} (если x — младший делитель и $x \geq \sqrt{A}$, и $\frac{A}{x} > x \geq \sqrt{A}$, то $\frac{A}{x} \cdot x > \sqrt{A} \cdot \sqrt{A}$, чего быть не может).

Таким образом при переборе делителей числа A достаточно перебирать меньший делитель из пары до \sqrt{A} , находить парный ему делитель $\frac{A}{x}$ и аккуратно обрабатывать числа, являющиеся полным квадратом (если \sqrt{A} это делитель, то у него нет пары, например, у числа 25 из условия).

Асимптотика программы $\mathcal{O}(R\sqrt{R})$.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке C++.

```

1  #include <bits/stdc++.h>
2
3  using namespace std;
4
5  int main() {
6      int l, r;
7      cin >> l >> r;
8      int ansmin = 1, ansmax = 1;
9      double tmin = 1e5, tmax = -1;
10     for (int n = l; n <= r; n++) {
11         int s = 0;
12         int i = 1;

```

```
13     while (i * i <= n) {
14         if (n % i == 0) {
15             s += i;
16             if (i * i != n) {
17                 s += n / i;
18             }
19         }
20         i++;
21     }
22     double tcur = (double) s / n;
23     if (tcur < tmin) {
24         tmin = tcur;
25         ansmin = n;
26     }
27     if (tcur > tmax) {
28         tmax = tcur;
29         ansmax = n;
30     }
31 }
32 cout << ansmin << " " << ansmax << endl;
33 }
```

Химия. 8–9 классы

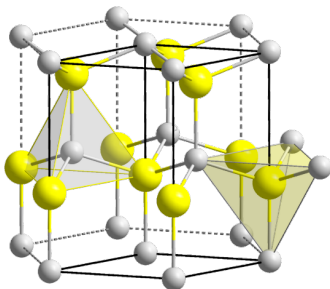
Задача VI.1.2.1. (15 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Металл X нашел свое применение в электронике, оптике и даже в ядерной промышленности, где он выступает поглотителем нейтронов. Основные источники X — промежуточные продукты цинкового производства, пыль свинцовых и медеплавильных заводов. Соединения X — селениды, теллуриды и сульфиды являются полупроводниковыми материалами, которые используются в качестве фотоэлементов.

Известны три кристаллических формы XSe — гексагональная (параметры ячейки $a = 0,4300$ нм), кубическая ($a = 0,6084$ нм), при высоком давлении существует кубическая форма типа NaCl ($a = 0,549$ нм).



Именно наночастицы XSe отвечает за рубиновый цвет звезд башен Московского кремля.

Получить XSe можно осаждением селеноводородом из растворимой соли X.

Массовая доля X в XSe = 58,7%.

Вопрос: напишите порядковый номер элемента X в таблице Менделеева.

Ответ: порядковый номер в таблице Менделеева элемента X: 48.

Задача VI.1.2.2. (20 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Химик Дима решил провести эксперимент. Он взял раствор NaOH и добавил несколько капель H_2SeO_4 , получив соль А. Химик Даяня решил повторить эксперимент своего друга, но в лаборатории все перепутали, и Даяня добавил несколько капель NaOH к раствору H_2SeO_4 и получил соль Б.

Критерии оценивания

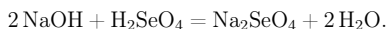
В задании 4 вопроса. Каждый правильный ответ на вопрос засчитывается в 5 баллов. Полностью решенная задача 20 — баллов. Если не указано правильных ответов, за задачу ставится 0 баллов.

Вопросы:

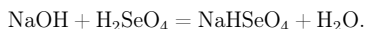
1. Укажите формулу соли А.
2. Укажите формулу соли Б.
3. Какую массу соли, полученную химиком-Димой (соль А), следует растворить в 125 (г) воды, чтобы температура кристаллизации раствора понизилась на $0,71\text{ }^\circ\text{C}$? Криоскопическая константа воды $1,86^\circ$. Изотонический коэффициент принять равным 1. Ответ предоставьте в г, округлите полученное значение до целого.
4. Вычислите температуру ($^\circ\text{C}$) кристаллизации 6% водного раствора соли Б. Изотонический коэффициент принять равным 1. Ответ округлите до десятых, разделитель «.».

Решение

Химик Дима (Соль А):



Химик Даня (Соль Б):



Масса соли А:

$$m_1 = \frac{\Delta t \cdot Mr \cdot m_{\text{растворителя}}}{K \cdot 1000} = \frac{0,71 \cdot 189 \cdot 125}{1,86 \cdot 1000} = 9,02 \text{ г}.$$

Температура кристаллизации:

$$\Delta t = K \cdot \frac{m_{\text{в-ва}} \cdot 1000}{m_{\text{р-ля}} \cdot Mr} = 1,86 \cdot \frac{6 \cdot 1000}{94 \cdot 151} = 0,78 = 0,8.$$

Ответ:

- Формула соли А: Na_2SeO_4 .
- Формула соли Б: NaHSeO_4 .
- Масса соли А: 9.
- Температура кристаллизации 0,8.

Задача VI.1.2.3. (20 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Смешанная соль А является кристаллогидратом и имеет в своем составе следующие элементы $\text{Cu} : \text{N} : \text{P}$. Массовые доли этих элементов: 32,8 : 7,2 : 15,9.

Вещество А можно получить при взаимодействии оксида меди с ортофосфорной кислотой и аммиаком. При разложении соли А получается продукт Б — кристаллы зеленого цвета нерастворимые в воде, но растворимые в избытке аммиака. Вещество Б используют для приготовления электролитов для нанесения медных покрытий. Так же продукт Б может быть получен путем взаимодействия сульфата меди с пиррофосфатом калия. Массовая доля меди в веществе Б — 42,38%.

Вопросы:

1. Укажите молекулярную массу (г/моль) вещества А. Ответ округлите до целых.
2. Укажите молекулярную массу (г/моль) вещества Б. Ответ округлите до целых.

Критерии оценивания

Если верно указано два ответа, задача оценивается в 20 баллов.

Решение

Такое соотношение характерно для фосфата меди-аммония $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$.

Суммарная доля водорода и кислорода:

$$\omega = \frac{68 \cdot 32,8}{64} = 34,9\%.$$

Суммарный элементный состав соли:

$$32,8\% + 15,9\% + 34,9\% + 7,2\% = 90,8\%.$$

Таким образом, в состав осадка входит 9,2% кристаллизационной воды. Число молекул воды:

$$\frac{68 \cdot 92,2\%}{32,8\% \cdot 18} = 1.$$

Формула вещества А: $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Формула вещества Б: $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Ответ:

1. Молекулярная масса вещества А: 195 (г/моль).
2. Молекулярная масса вещества Б: 302 (г/моль).

Задача VI.1.2.4. Медный всадник (20 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Медный всадник — один из главных символов Санкт-Петербурга, монументальный конный памятник первому российскому императору Петру Великому.

Пьедестал сооружения — «Гром-камень», основной составляющей которого является горная порода X, которая в основном состоит из веществ А ($\omega \approx 68\text{--}73\%$), В ($\omega \approx 12\text{--}15,5\%$), С ($\omega \approx 3\text{--}6\%$), кроме того, в нем содержатся малые количества вещества D (это могут быть не все составляющие минерала X). Известно, что А растворяется в плавиковой кислоте с образованием вещества А1 и используется в получении фосфора. Вещество В хорошо известно своими амфотерными свойствами, при растворении в растворе гидроксида калия образуется вещество В1. Вещество С известно основными свойствами, при его окислении кислородом при $250\text{--}350\text{ }^\circ\text{C}$ образуется вещество С1, которое используется в регенерации кислорода на подводных лодках и в противогазах. Вещество D — оксид, широко используется как ядерное топливо в реакторах. Его получают восстановлением D1, который иногда называют «закись-окись».

Сам же памятник Петру I изготовлен из сплава Y. Изделия из этого сплава известны человеку уже целые тысячелетия. Два основных компонента Y — вещества Е и F. Название вещества Е фигурирует в имени персонажа уральских сказаний, вымышленного писателем П. П. Бажовым. А вещество F — материал, из которого сделан главный герой известной сказки X. К. Андерсена.

Вопросы:

1. Какие вещества заключены в обозначениях А, А1, В, В1, С, С1, D, D1, Е, F? В ответе укажите химические формулы каждого вещества. *Например, H_2SO_4 .*
2. Какие вещества заключены в обозначениях X, Y? В ответе укажите названия данных веществ (строчными буквами). *Например, графит.*

Критерии оценивания

Задание разделено на два вопроса. В вопросе 1 за каждый правильный ответ ставится 1,5 балла. В вопросе 2 за каждый правильный ответ ставится 2,5 балла. Если верно указаны все ответы, задача оценивается в 20 баллов.

Ответ:

1. А = SiO_2 ;
 А1 = $H_2[SiF_6]$ или SiF_4 ;
 В = Al_2O_3 ;
 В1 = $Na[Al(OH)_4]$;
 С = Na_2O ;
 С1 = Na_2O_2 ;
 D = UO_2 ;
 D1 = U_3O_8 ;
 Е = Cu;
 F = Sn.
2. X — гранит, Y — бронза.

Задача VI.1.2.5. Инкапсуляция (25 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Одна из научных групп занимается синтезом наночастиц с последующей инкапсуляцией их в молекулярные или ионные кластеры. В качестве таких инкапсулирующих агентов часто используют молекулы, предрасположенные к полимеризации. Например, такие как поливинилпирролидон. На рисунке VI.1.1 представлен кластер, в котором в качестве носителя (инкапсулируемого агента) выступают наночастицы золота, а в качестве инкапсулирующего агента выступают молекулы поливинилпирролидона.

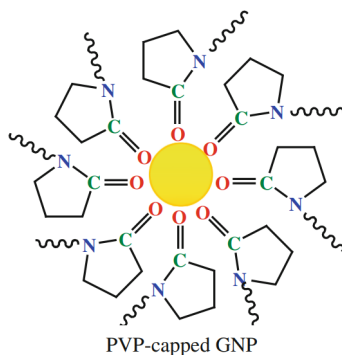


Рис. VI.1.1. Кластер на основе наночастиц золота

Инкапсуляция происходит через атом кислорода группы $C=O$ молекул поливинилпирролидона. Известно, что расстояние между атомами кислорода соседних молекул поливинилпирролидона равно удвоенному расстоянию между атомами O и N в молекуле поливинилпирролидона (рисунок VI.1.2). Диаметр наночастицы золота составляет 20 нм.

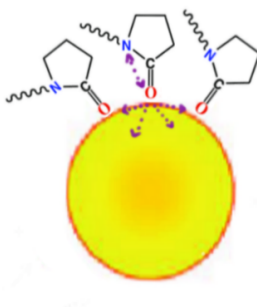


Рис. VI.1.2. Схематично представление расположения молекул поливинилпирролидона на поверхности наночастицы золота

Также имеются данные о длинах связей $C-N$ и $C=O$: 0,147 нм, 0,123 нм соответственно, а валентный угол $O-C-N$ соответствует sp^2 — гибридизации углерода.

Вопрос. Определите количество молекул поливинилпирролидона, помещающихся на поверхности наночастицы золота. Примите за условие, что молекулу поливинилпирролидона необходимо рассматривать как шар с радиусом, равном расстоянию между атомами O и N.

Решение

Для начала необходимо найти расстояния между атомами O и N. В треугольнике составленного из атомов CON расстояние между атомами O и N, можно найти по теореме косинусов:

$$ON^2 = CO^2 + CN^2 - 2 \cdot \cos(OCN) \cdot CO \cdot CN,$$

с учетом того, что sp^2 — гибридизация соответствует углу в 120° , получается, что квадрат расстояния между атомами O и N = $0,055 \text{ нм}^2$.

Найденное расстояние между O и N соответствует радиусу окружности, площадь которой соответствует области, занимаемой молекулой поливинилпирролидона на поверхности наночастицы золота. Площадь такой окружности можно вычислить по общей формуле: $S = \pi R^2$, где R^2 — квадрат расстояния между атомами O и N. $S = 0,055\pi \text{ нм}^2$.

Общая площадь сферы наночастицы золота:

$$S_{\text{сф}} = 4\pi R'^2,$$

где R' — радиус наночастицы золота $R' = 20/2 = 10 \text{ нм}$, откуда $S_{\text{сф}} = 400\pi \text{ нм}^2$.

Для нахождения искомого количества молекул поливинилпирролидона, которые могут находиться на поверхности наночастицы золота, используем отношение:

$$N = \frac{S_{\text{сф}}}{S} = \frac{400\pi}{0,055\pi} = 7272,73.$$

Ответ необходимо представить в целочисленном значении с округлением в меньшую сторону.

Ответ: 7272 (при округлении значения квадрата расстояния между атомами O и N, равно $0,055 \text{ нм}^2$) И/ИЛИ 7296 (при условии, что было использовано значение квадрата расстояния между атомами O и N, равном $0,054819 \text{ нм}^2$).

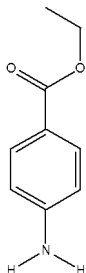
Химия. 10–11 классы

Задача VI.1.3.1. Фармацевт (15 баллов)

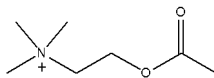
Темы: цепные реакции, химическая кинетика.

Условие

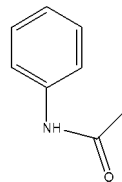
На полке в аптеке стояли 3 склянки. Начинающий фармацевт, переставляя склянки и наклеивая на них этикетки, забыл, что где стоит. В его руках оказались 3 наклейки: бензокаин (4-аминобензойной кислоты этиловый эфир), ацетилхолин (N,N,N-триметил-2-аминоэтанол ацетат) и антифебрин (N-фенилацетамид). Фармацевт придумал, как определить, где какой препарат, проведя качественную реакцию, в основе которой необходимо использование органического реактива. Кислоты и щелочи были у фармацевта также в неограниченном количестве.



Бензокаин



Ацетилхолин



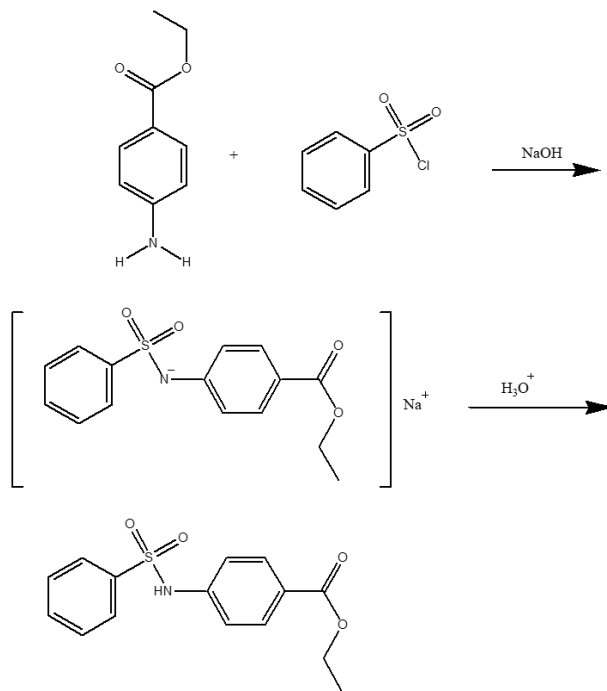
Антифебрин

Вопрос. Какой химический тест провел фармацевт, чтобы идентифицировать содержание склянок? В ответе запишите именное название данного теста или укажите название химического органического соединения по ИЮПАК, который был использован в данной химической реакции.

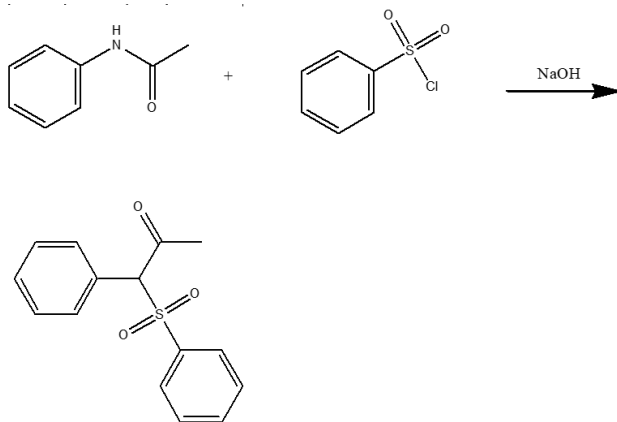
Решение

Фармацевт провел реакцию Хинсберга — тест для обнаружения первичных, вторичных и третичных аминов. В этом тесте амин хорошо встряхивают с реагентом Хинсберга (бензолсульфонилхлорид) в присутствии водной щелочи (KOH или NaOH).

1. Бензолсульфонилхлорид в реакции с первичным амином (бензокаином) в присутствии щелочи образует растворимую соль, которая образует осадок после подкисления.



2. Бензолсульфонилхлорид в реакции с вторичным амином (антифебрин) в щелочной среде образует нерастворимую соль.



3. Третичные амины (ацетилхолин) не вступают в реакцию с бензолсульфонилхлоридом, и сами по себе нерастворимы в воде.

Ответ: реакция Хинсберга ИЛИ бензолсульфонилхлорид/бензолсульфохлорид.

Задача VI.1.3.2. «Абстрагируясь от реальности». (20 баллов)

Темы: неорганическая химия.

Условие

Рассмотрим абстрактную реакцию в водном растворе при нормальных условиях вида: $A \longrightarrow B$.

Константа скорости этой реакции равна $2,1384 \cdot 10^{-4}$ усл. ед., а 15% вещества А расходуется за 688,4103 с.

Вопрос 1. Определите порядок реакции и период полупревращения вещества А.

В ответе укажите численное значение порядка реакции, округлив до сотых (разделитель «.»), и численное значение периода полупревращения вещества А (в с), округлив до целых чисел.

Как вы, наверное, знаете, температурная зависимость энергии активации реакции обычно мала, но не равна нулю. В нашем же случае, при рассмотрении этой абстрактной реакции мы будем использовать простейшую модель. Примите, что энергия активации реакции не зависит от температуры, а температурный коэффициент скорости реакции равен 3,7621.

Вопрос 2. Рассчитайте энергию активации этой реакции при стандартных условиях.

В ответ впишите значение энергии активации в (Дж), округлив до целых чисел.

Предположим, что наше вещество А — это трехосновная кислота H_3A . Константы кислотности которой по первой второй и третьей ступени соответственно равны: $2,1 \cdot 10^{-4}$; $2,2 \cdot 10^{-4}$; $2,3 \cdot 10^{-4}$.

Вопрос 3. Найдите отношения равновесных концентраций $[H^+]$; $[H_3A]$; $[H_2A^-]$ в растворе к начальной концентрации кислоты.

В ответе укажите численные значения, округлив до тысячных, (разделитель «.»).

Вопрос 4. Попробуйте вспомнить трехосновную кислоту, цвет раствора средней соли которой — желтый. Среди всех других элементов в этой кислоте, центральный имеет наибольшую степень окисления, которая соответствует номеру группы этого элемента. Цвета растворов соединений этого элемента при последовательном понижении степени окисления элемента в соединении (на 1) относительно той, в которой он находится в загаданной кислоте: голубой, темно-зеленый, фиолетовый. В ответе укажите формулу кислоты.

Критерии оценивания

Полностью решенная задача оценивается в 20 баллов. Если верно указаны ответы только под 1, 2, 3 задача оценивается в 10 баллов, при других условиях ответа задача оценивается в 0 баллов.

Решение

1. Пусть начальная концентрация А равна 1 М, тогда через 688,4103 с концентрация А равна 0,85 М. Подставив все имеющиеся данные в формулу для n -го порядка реакции, получается уравнение с одним неизвестным, решив которое, можно найти n . Зависимость текущей концентрации от времени определяется по формуле:

$$\frac{1}{[A]^{n-1}} = \frac{1}{[A]_0^{n-1}} + (n-1) \cdot k \cdot t,$$

где $[A]$ — текущая концентрация вещества А, а $[A]_0$ — начальная концентрация вещества А, n — порядок реакции, k — константа скорости реакции, t — время, за которое расходуется вещество А.

Таким образом, порядок реакции $n = -0,2383$.

Посчитав порядок реакции, можно найти период полупревращения. В момент времени после прохождения этого периода от начала реакции, концентрация А будет равна ровно половине от начальной концентрации, т. е. 0,5 М. Подставим значения концентраций, константы скорости и порядка реакции в уже использованную формулу, получается уравнение с одним неизвестным, решив которое, можно найти $\tau_{1/2}$.

$$\frac{1}{0,5^{-0,2383-1}} = \frac{1}{1^{-0,2383-1}} + -0,2383 - 1 \cdot 2,1384^{10^{-4}} \cdot \tau_{1/2}.$$

Период полупревращения $\tau_{1/2} = 2175,7264$ с.

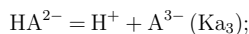
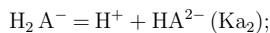
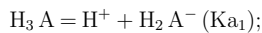
2. Необходимо воспользоваться правилом Вант-Гоффа, чтобы найти константу скорости реакции при стандартных условиях. Подставив данные двух констант при разных температурах в уравнение Аррениуса, получается система из 2 уравнений с 2 неизвестными: предэкспоненциальные множители и энергия активации реакции: $\frac{k_2}{k_1} = \gamma \frac{T_2 - T_1}{T_1}$, где $k_1 = 2,1384 \cdot 10^{-4}$, $T_1 = 273,15$ К, $T_2 = 293,15$ К, $\gamma = 3,7621$ (по условию задачи). Решив систему, можно вычислить E_a .

Энергия активации $E_a = 88208,7377$ Дж. Дополнительные данные для решения п. 2:

1) Правило Вант-Гоффа: в интервале температур от 0 до 100 °С при повышении температуры на каждые 10 °С, скорость многих химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

2) Уравнение Аррениуса: $k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$.

3. Пусть начальная концентрация H_3A равна 1М. Составив уравнения диссоциации кислоты по трем ступеням, расписав константы равновесия, баланс зарядов и материальный баланс, можно получить систему из 5 уравнений с 5 неизвестными: $[H^+]$; $[H_3A]$; $[H_2A^-]$; $[HA^{2-}]$; $[A^{3-}]$. Решив систему, можно найти неизвестные концентрации, после чего их отношение к начальной концентрации H_3A .



$$Ka_1 = \frac{[H^+][H_2A^-]}{[H_3A]};$$

$$K_{a2} = \frac{[H^+][HA^{2-}]}{[H_2A^-]};$$

$$K_{a3} = \frac{[H^+][A^{3-}]}{[HA^{2-}]}.$$

Баланс зарядов:

$$[H^+] = [H_2A^-] + 2[HA^{2-}] + 3[A^{3-}].$$

Материальный баланс:

$$C(H_3A) = [H_3A] + [H_2A^-] + [HA^{2-}] + [A^{3-}].$$

Решим систему уравнений, получается:

$$[H^+] = 0,0146 \text{ М}, [H_3A] = 0,9847 \text{ М}, [H_2A^-] = 0,01416 \text{ М}.$$

Тогда отношение концентраций:

$$\frac{[H^+]}{C(H_3A)} = 0,0146, \frac{[H_3A]}{C(H_3A)} = 0,9847, \frac{[H_2A^-]}{C(H_3A)} = 0,01416.$$

Ответ:

1. Порядок реакции $n = -0,24$. Период полупревращения вещества А $\tau_{1/2} = 2176$.
2. Энергия активации $E_a = 88209$.
3. Отношения к начальной концентрации H_3A :
 $[H^+]$: 0,015;
 $[H_3A]$: 0,985;
 $[H_2A^-]$: 0,014.
4. H_3VO_4 .

Задача VI.1.3.3. Каскад реакций (20 баллов)

Темы: неорганическая химия, органическая химия.

Условие

Вещество А представляет собой белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. В растворе А при нагревании растворили вещество X, являющееся твердым при температуре ниже той, которая соответствует н. у., видимых признаков реакции не наблюдается. Затем при той же температуре через полученный раствор пропустили газ Y, в ходе реакции образуются В, С, X. Механоактивируемая реакция В с неядовитой аллотропной модификацией D, образованной элементом Z, приводит к образованию С и Е. Е реагирует с X с образованием кислоты F, натриевая соль которой в присутствии катионов кальция может образовывать кристаллический продукт M, играющий важную роль в организме человека или G, восстановление которого углеродом в присутствии кварца приводит к образованию D. Кроме кислоты F элемент Z присутствует в другой кислоте H, которую можно получить с выделением газа J при реакции А, X и D. Одноосновная кислота H при нагревании последовательно превращается в двухосновную кислоту I, после чего в трехосновную F с выделением газа J, а затем в четырехосновную K с выделением X. Также вместе с

К может образовываться очень ядовитая одноосновная кислота L полимерного строения, в чистом виде представляет собой стекловидную массу, легко растворимую в воде. При пропускании в раствор А газа Y при охлаждении можно получить соль N, реагирующую с продуктом О процесса Боша – Габера с образованием Р.

Вопрос 1. Определите неизвестные вещества А, В, С, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, X, Y и элемент Z.

Вопрос 2. Укажите аллотропную модификацию D, названия кислот F, H, I, K, L, тривиальные названия веществ В, М.

Критерии оценивания

Задание разделено на два вопроса. В вопросе 1 за каждый правильный ответ ставится 0,5 баллов, за правильный ответ под «Z» ставится 1 балл. В вопросе 2 за каждый правильный ответ ставится 1,25 баллов. Если верно указаны все ответы задача оценивается в 20 баллов.

Ответ:

1. А — КОН;
- В — KClO_3 ;
- С — KCl ;
- D — P_4 ;
- E — P_2O_5 ;
- F — H_3PO_4 ;
- G — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
- H — H_3PO_2 ;
- I — H_3PO_3 ;
- J — PH_3 ;
- K — $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$;
- L — $(\text{HPO}_3)_n$;
- M — $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$;
- N — KClO ;
- O — NH_3 ;
- P — N_2H_4 ;
- X — H_2O ;
- Y — Cl_2 ;
- Z — P.

Допускается решение с обозначением D — P; L — HPO_3 .

2. D — красный фосфор;
- F — ортофосфорная кислота;
- H — фосфорноватистая кислота;
- I — фосфористая кислота;
- K — дифосфорная/пирофосфорная кислота;
- L — метафосфорная кислота;
- В — бертолетова соль;
- M — гидроксипатит.

Задача VI.1.3.4. (20 баллов)

Темы: неорганическая химия, органическая химия.

Условие

Соединения А, В, С, D имеют в составе один и тот же металл. Реакция В с избытком А приводит к соединению D, соли неорганической кислоты С и газу Е. Соединения А и D являются металлорганическими, а В представляет собой соль органической кислоты. Массовые доли металла в А, В, С, D составляют 10,94%, 4,27%, 14,89%, 9,59% соответственно.

Вопрос. Рассчитайте молярные массы (г/моль) А, В, С, D, Е. В ответе укажите численные значения молярных масс с точностью до целых.

Критерии оценивания

Если верно указаны три правильных ответа, задача оценивается в 10 баллов, если указано менее трех верных ответов задача оценивается в 0 баллов. Если верно указаны все ответы, задача оценивается в 20 баллов.

Решение

Малая массовая доля и его присутствие в металлорганических соединениях позволяют предположить, что этот металл — литий.

По данным о массовых долях, на 1 атом лития приходится молярная масса 64, 166, 47 и 73 г/моль для веществ А, В, С и D соответственно.

Молярную массу 64 имеет популярный металлорганический реагент — бутиллитий.

Значит, А — C_4H_9Li ($M = 64$).

При реакции А с В выделяется газ, и при участии бутиллития будет выделяться бутан.

Значит, Е — C_4H_{10} ($M = 58$).

Рассмотрим вещество С — остатков неорганических кислот с $M = 40$ нет, тогда предположим, что в С содержится 2 атома лития. Остаток с $M = 80$ это SO_3^{2-} .

Значит, С — Li_2SO_3 ($M = 94$).

В таком случае, группа SO_3 должна была содержаться в В.

Остается $164 - 80 - 7 = 77$ г/моль, что соответствует C_6H_5 .

Значит, В — $C_6H_5SO_3Li$ ($M = 166$).

Выделение как сульфита лития, так и бутана в ходе описанной реакции указывает на замещение SO_3 группы на C_4H_9 и последующее дополнительное литирование соединения.

Предположим содержание 2 атомов лития в D, тогда молярная масса составляет 146.

$M(C_6H_5C_4H_9) = 77 + 57 = 134$. Заменяв 2 атома водорода на 2 атома лития, получаем 146.

Значит D – $C_6H_4C_4H_9Li_2$ ($M = 146$) (дилитийбутилбензол).

Ответ: А – 64; В – 164; С – 94; D – 146; E – 58.

Задача VI.1.3.5. Цепные реакции (25 баллов)

Темы: цепные реакции, химическая кинетика.

Условие

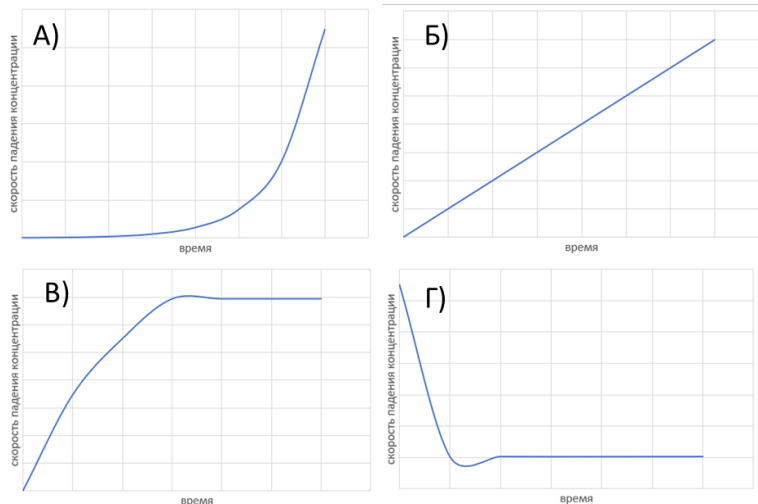
В ходе цепной реакции галогенирования водорода в сосуде объемом 1000 л образуется 2 моль активных частиц (радикалов). Время реализации одного сегмента цепи 0,001 с, а вероятность обрыва цепи 0,0064. Описанная цепная реакция является разветвленной, для которой характерно преобладание вероятности разветвления цепи над вероятностью обрыва цепи.

Вопрос 1. Определите среднюю длину кинетической цепи (количество сегментов). В ответе укажите численные значения с точностью до целых.

Вопрос 2. Определите среднее время жизни активной частицы (радикала). В ответе укажите численное значение (в с) с точностью до тысячных.

Вопрос 3. Определите скорость падения концентрации активных частиц (радикалов) в реакционной смеси. В ответе укажите численные значения (в моль/с) с точностью до тысячных.

Вопрос 4. Определите вид зависимости скорости падения концентрации активных частиц (радикалов) от времени для данной химической реакции. В ответе укажите букву, соответствующую определенному виду зависимости.



Критерии оценивания

Если верно указаны три правильных ответа, задача оценивается в 10 баллов, если указано менее трех верных ответов, задача оценивается в 0 баллов. Если верно указаны все ответы, задача оценивается в 25 баллов.

Решение

Известно, что средняя длина цепи обратно пропорциональна вероятности ее обрыва и средняя длина кинетической цепи определяется как: $v = (1 - \beta)/\beta$, где β — это вероятность обрыва, которая равна по условиям задачи 0,0064. Таким образом, получаем $v = 155$.

Среднее время жизни активной частицы (радикала) (τ_R) определяется как время реализации одного сегмента цепи (τ_0), умноженное на среднюю длину кинетической цепи (v). Имея рассчитанную среднюю длину кинетической цепи и известное время реализации одного сегмента цепи, по формуле: $\tau_R = \tau_0 \cdot v$ находим среднее время жизни активной частицы = $0,001 \text{ (с)} \cdot 155,25 = 0,155 \text{ с}$.

Скорость падения концентрации активных частиц (радикалов) (моль/секунда) в реакционной смеси определяется как минимальное приращение по времени. И рассчитывается как отношение концентрации активных частицы (в моль/л) $[R]$ в момент времени в реакционной смеси к среднему времени жизни (τ_R).

Скорость = $[R]/\tau_R$, и равняется: $0,002/0,15525 = 0,013 \text{ (моль/с)}$.

Ответ:

1. 155;
2. 0,155;
3. 0,013;
4. А.

Инженерный тур

Общая информация

Основная задача финального этапа — обучить искусственную нейронную сеть определять октановое число бензина в водном растворе на основе изображений пузырьков.

Легенда задачи

Ультразвуковое облучение жидкостей, например, водно-спиртовых растворов, приводит к кавитации — образованию мелких пузырьков. Кавитационные пузырьки генерируются в реальных растворах без использования оптических ловушек, что делает систему максимально приближенной к реальным условиям.

Под действием ультразвука пузырьки могут расти, колебаться, а в итоге схлопываться или распадаться. Оказывается, пузырьки в растворах разной концентрации (с разной поверхностной энергией и плотностью) проходят разные пути эволюции.

Хотя трудно получить детерминированное описание того, как концентрация раствора влияет на динамику пузырьков, можно разделить изображения с различной концентрацией, применяя алгоритм искусственной нейронной сети. Это указывает на то, что методы искусственного интеллекта могут дополнять детерминированный анализ в неравновесных, почти нестабильных ситуациях.

Требования к команде и компетенциям участников

Задание разбито на отдельные задачи, которые необходимо распределить между участниками команды в соответствии с их ролями. Теоретические задачи и задачи на программирование выполняются участниками стандартным образом, ответы представляются в виде текстовых файлов и кодов программ, формат которых задан в требованиях к выполнению заданий.

Количество участников в команде: 2–4 человека.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды:

- химик: основные задачи — построение химической модели кавитационных пузырей в зависимости от содержания смеси;
- программист по машинному обучению: основные задачи — анализ и обработка изображений, построение моделей и классификатора;
- программист-математик: основные задачи — решение задач по математической обработке кавитационных пузырей и построение базы данных.

Оборудование и программное обеспечение

Компьютер/ноутбук с установленной: ОС Linux, Windows, и Python. Процессор не ниже Intel Core i5 (или аналогичный), минимум 8Gb ОЗУ, ОС Windows 7/10 x64, желательно наличие видеокарты 10 и выше серии для ускорения расчетов. Скорость интернета: не менее 100 Мбит/с. Все компоненты используемых программы можно установить через командную строку или терминал Linux.

| Наименование | Описание |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Язык программирования Python 3.7 и выше, менеджер пакетов Conda, фреймворк Pytorch и командную оболочку Jupyter Notebook; • Python 3.7 и выше (https://www.python.org/); • Conda (https://www.anaconda.com/); • Pytorch (https://pytorch.org/); • Jupyter Notebook (https://jupyter.org/). | Использовать для создания модели. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Дополнительные модули языка программирования PythonNumpy; • Matplotlib и Seaborn; • Pandas; • openCV-Python. | <ul style="list-style-type: none"> • Для матриц и общей математики; • для визуализации; • для работы с базами данных и создания фреймов данных; • для предварительной обработки изображений. |

Описание задачи

Основная задача: создайте модель машинного обучения, которая позволяет классифицировать фотографии кавитационных пузырей, полученные с помощью ультразвуковой обработки, по определению октанового числа в бензине (92, 95, 98).

Этап 1

Условие

Ответьте на вопросы, предварительно ознакомившись со статьей <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jpcc.2c00948>:

1. С помощью каких параметров можно оценить отклик кавитационного пузырька на акустические колебания?
2. От изменения каких условий может зависеть отклик кавитационного пузырька на акустические колебания? Как изменения условий могут влиять на параметры кавитационного пузырька?

3. Какое применение ультразвука для качественного и количественного определения состава водных растворов представлено в статье? Как оно реализовано?
4. Какая архитектура нейронной сети наиболее релевантна для решения обозначенной задачи? Предоставьте развернутый ответ с пояснениями, почему выбрана именно данная нейронная сеть. Предложите возможность улучшения алгоритма определения концентрации спирта с помощью методов машинного обучения и кавитационных пузырей.

Формат ответа: текстовый файл с ответами на вопросы в формате .pdf.

Основная роль: химик.

Вспомогательные роли: программист по машинному обучению, программист математик.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: максимальное количество баллов за 1 задачу 10 баллов. За полный ответ на вопросы №№ 1, 2, 3, 4, 5 ставится по 2 балла.

Пример ответа

Ответ на вопрос 1: в статье описано уравнение частоты Рэлея для пузырька, согласно которому отклик пузырька на акустические колебания (в первом приближении) зависит от радиуса пузырька, плотности жидкости и поверхностной энергии границы раздела фаз жидкость — газ.

Ответ на вопрос 2: отклик кавитационного пузырька на акустические колебания сильно зависит от состава раствора (в нашем случае — от соотношения спирт/вода), поскольку он оказывают серьезное влияние на поверхностное натяжение на границе фаз жидкость — газ и, соответственно, на плотность. Авторами было продемонстрировано, что при увеличении длительности ультразвукового воздействия возрастает сложность формы пузырьков, что выражается в увеличении числа выступов и углов. Максимальные радиусы пузырьков были зафиксированы при концентрациях спирта 25% и 50%.

Ответ на вопрос 3: для качественного и количественного определения состава водных растворов (смеси вода — спирт разной концентрации) авторы использовали нетривиальную технологию применения ультразвука для создания неустойчивого, близкого к резонансу, поведения кавитационного пузырька. Выбор такой методики был обусловлен тем, что тривиальные детерминированные методы не подходят, в связи с чем приходится обращаться к статистическим методам. В статье приводится следующая реализация ультразвука для исследования кавитационных пузырьков. Готовились водно-этиловые растворы с различными концентрациями этанола: 0%, 5%, 12.5%, 25%, 50%, 75% и 100%. Для измерения и контроля активности кавитации использовался кавитометр. Кончик кавитометра находился на расстоянии 2 см от сонотрода. Пьезоэлектрическая пластина на конце кавитометра регистрировала изменения давления в водно-этиловой среде и преобразовывала акустический сигнал в электрический. Выходной сигнал устройства формировался как интеграл широкополосного компонента кавитации в диапазоне частот от 10 кГц до 10 МГц. Кавитометр измерял общую активность кавитации и воздействие коллапсирующих пузырьков. Продолжительность эксперимента и регистрации шума выбиралась исследователем и могла варьироваться от 5 до 25 мин. Динамика кавитационных пузырьков записывалась с использованием высокоскоростной камеры, закрепленной на микроскопе. Ско-

рость записи составляла 700 кадров в 1 с, разрешение изображения — 768×768 пкс.

Ответ на вопрос 4: для данной задачи релевантнее всего будет использовать сверточные нейронные сети (СНС), поскольку они обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям пузырьков, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям. В отличие от полносвязных нейронных сетей, они используют значительно меньше параметров благодаря разделению весов в сверточных слоях. Иными словами, один и тот же набор весов (именуемый фильтром) применяется к разным частям изображения, что делает СНС более эффективными с точки зрения памяти и вычислительной мощности. Стоит также упомянуть, что функции свертки, которые реализованы в СНС, обрабатывают изображение частями, извлекая при этом признаки начиная от самых простых (таких как границы и углы) до более сложных (рельеф пузырьков, их размер и т. д.), что позволяет эффективно анализировать и классифицировать изображения. Для решения данной задачи эффективнее всего будет использовать уже предобученные модели, например VGG или ResNet с различной архитектурой, которая выбирается на стадии оптимизации гиперпараметров.

Ответ на вопрос 5: для улучшения алгоритма определения концентрации спирта с помощью методов машинного обучения и кавитационных пузырей можно использовать следующие варианты:

- попробовать увеличить объем данных искусственно (например, применить аугментацию, повороты, отражения, изменение размеров, яркости и т. д.) или естественно (например, путем дополнения датасета новыми данными);
- провести детальную оптимизацию гиперпараметров нейросетей и моделей МО с использованием различных библиотек, например, Optuna;
- проанализировать динамику стандартных измерений размеров и формы пузырьков: скорость изменения размера, частоту колебаний и другие параметры; эти дополнительные признаки могут предоставить более глубокое понимание процессов, происходящих в пузырьках и их взаимосвязи с концентрацией спирта;
- применить байесовские нейронные сети и гауссовские процессы для оценки неопределенности предсказаний; это может помочь в выявлении менее уверенных предсказаний и потенциально нестабильных областей модели.

Решению поставленной задачи способствует также стандартизация или нормализация данных.

Решение

Эталонное решение команды победителя.

Отклик кавитационного пузырька на акустические колебания можно оценить с помощью следующих параметров:

- Размер и форма пузырька — это может влиять на способность пузырька реагировать на акустические колебания.
- Давление и температура жидкости, в которой находится пузырек — эти параметры могут влиять на степень взаимодействия между пузырьком и акустическими колебаниями.
- Частота и амплитуда акустических колебаний — эти параметры могут влиять на то, как быстро и интенсивно пузырек будет откликаться на колебания.

- Длительность воздействия акустических колебаний — это также может влиять на отклик пузырька и его поведение в жидкости.
- Производимые пузырьком излучения — например, свет, звук или другие виды излучений, которые могут быть зафиксированы и изучены для оценки отклика пузырька на акустические колебания.

Отклик кавитационного пузырька на акустические колебания может зависеть от изменения следующих условий:

- Частота акустических колебаний: различные частоты могут вызывать разное поведение пузырька, включая его размер, форму, движение и стабильность.
- Амплитуда колебаний: увеличение амплитуды может привести к увеличению размера пузырька, его энергии и влиять на его длительность существования. Косвенно это также может повлиять на количество пузырьков на единицу объема.
- Давление окружающей среды: изменение давления может влиять на размер и форму пузырька, его движение и возможность стабилизации.
- Размер и форма пузырька могут влиять на его отклик на акустические колебания.
- Состав жидкости: свойства жидкости, в которой находится кавитационный пузырек (плотность или наличие дополнительных добавок) могут влиять на его поведение.
- Температура: изменение температуры может влиять на степень сжатия или расширения пузырька.

В целом, изменения условий могут приводить к изменениям как в размере, так и в поведении кавитационного пузырька.

В данной работе показано нетривиальное применение ультразвука для качественного и количественного определения состава водных растворов. Ультразвуковое облучение жидкостей, таких как водно-спиртовые растворы, приводит к кавитации или образованию мелких пузырьков. Кавитационные пузырьки генерируются в реальных растворах без использования оптических ловушек, что делает систему, описанную в статье, максимально приближенной к реальным условиям. Под действием ультразвука пузырьки могут расти, колебаться, а в итоге схлопываться или разлагаться. Авторы данной статьи применяют математический метод разделения движений для интерпретации акустического воздействия на пузырьки.

Для решения задачи определения концентрации спирта в водно-спиртовой смеси с помощью обработки изображений кавитационных пузырей можно использовать сверточные нейронные сети (CNN). Вот несколько причин, почему CNN будет наиболее релевантной архитектурой для этой задачи:

- Использование пространственной информации: CNN хорошо подходят для обработки изображений, так как они сохраняют пространственную структуру данных. Изображения кавитационных пузырей содержат важную пространственную информацию, которая может быть использована для анализа концентрации спирта.
- Инвариантность к масштабированию и сдвигу: CNN обладают инвариантностью к масштабированию и небольшим сдвигам объектов на изображении. Это важно, поскольку кавитационные пузыри могут иметь различные размеры и расположение на изображении.

- Автоматическое извлечение признаков: CNN автоматически извлекают важные признаки из изображений в процессе обучения. Это позволяет модели самостоятельно определять характеристики кавитационных пузырей, которые коррелируют с концентрацией спирта.
- Способность к обобщению: CNN обычно обладают способностью к обобщению, следовательно, они могут работать с данными, которые не были частью обучающего набора. Это важно для обработки новых изображений кавитационных пузырей, которые могут появиться в реальном времени.
Для конкретной архитектуры CNN можно использовать различные модели, такие как VGG, ResNet, Inception и другие, а также их комбинации или адаптации под конкретную задачу. Важно экспериментировать с различными архитектурами и гиперпараметрами модели, чтобы достичь наилучшей производительности в определении концентрации спирта в водно-спиртовой смеси на основе обработки изображений кавитационных пузырей.
- Для улучшения алгоритма определения концентрации спирта с помощью методов машинного обучения и кавитационных пузырей можно рассмотреть следующие возможности:
 - a. Увеличение объема обучающих данных: сбор большего количества разнообразных изображений кавитационных пузырей при различных концентрациях спирта поможет улучшить обобщающую способность модели; разнообразие данных может включать различные условия освещения, углы съемки и другие факторы.
 - b. Аргументация данных: применение методов аугментации данных (повороты, масштабирование, отражение и изменение яркости/контраста) помогает расширить обучающий набор данных, что способствует повышению устойчивости модели к различным условиям съемки.
 - c. Использование предобученных моделей: вместо обучения модели с нуля можно использовать предобученные модели на больших наборах данных, (например, ImageNet), после чего они могут быть дообучены на наборе данных кавитационных пузырей для более эффективного использования информации.
 - d. Применение архитектурных изменений: исследование и применение более сложных архитектур нейронных сетей или их комбинаций, специально разработанных для обработки изображений, может улучшить производительность модели в определении концентрации спирта.
 - e. Интеграция других видов данных: помимо изображений кавитационных пузырей, можно рассмотреть интеграцию других видов данных, таких как данные о физических параметрах смеси (температура, плотность и т. д.), что может повысить точность предсказаний.
 - f. Оптимизация параметров модели: проведение тщательного подбора гиперпараметров модели и оптимизация процесса обучения, например, выбор оптимальной скорости обучения и метода оптимизации, также может улучшить производительность модели.

Комбинирование этих методов и постоянное исследование новых подходов может привести к значительному улучшению алгоритма определения концентрации спирта с помощью методов машинного обучения и кавитационных пузырей.

Этап 2

Условие

Для получения около 67000 изображений сделайте раскадровку видеофайлов (<https://disk.yandex.ru/d/YAGwLl2IFAo2Mg>) с вырезанием неинформативных участков (черный экран).

Справочные материалы: библиотека языка программирования Python OpenCV.

Основные роли: химик, программист по машинному обучению, программист математик.

Формат ответа: скрипт, названный по форме (номер_задачи_ФИО) на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий раскадровку видео формата mp4(или avi), которое лежит в папке, расположенной рядом со скриптом, и папка должна быть названа `input_data`, и сохраняющий полученные кадры в формате `jpg` в папку рядом со скриптом с названием `output_data`. Скрип должен быть формата `.py`.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий задачу в соответствии с условием; при соблюдении формата ответа ставится 10 баллов; при невозможности запуска скрипта, несоблюдения форматов входных и выходных данных, ставится 0.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  # импорт необходимых библиотек
2  import os
3  import cv2
4  # метод для конвертации видео в кадры
5  def convert_videos_to_frames(path: str = "raw_input_data", output_dir: str =
   → "raw_output_data") -> None:
6      """Convert videos mp4 format to frames jpg format
7      Args:
8          path (str): Path to videos
9          output_dir (str): Save path for frames
10     """
11     # поиск всех файлов в формате .mp4 в папке
12     for root, _, files in os.walk(path):
13         for file in files:
14             if file.endswith('.mp4'):
15                 cap = cv2.VideoCapture(os.path.join(root, file))
16                 frame_index = 1
17                 # цикл чтения кадров, пока видео не закончится
18                 while True:
19                     ret, img = cap.read()
20                     if not ret:
21                         print("Video stopped")
22                         break
23                 # формирование пути сохранения
24                 save_dir = os.path.join(root, file).split(os.sep)[-2]
25                 file_name = f"{file[:-4]}_{frame_index}.jpg"

```

```

26         # создание папки, если таковой не существует
27         if not os.path.exists(os.path.join(output_dir, save_dir)):
28             os.makedirs(os.path.join(output_dir, save_dir))
29             save_path = os.path.join(output_dir, save_dir, file_name)
30         # сохранение кадра
31         cv2.imwrite(save_path, img)
32         frame_index+=1
33 # запуск основного метода
34 def main() -> None:
35     """Entry point"""
36     path = "raw_input_data"
37     output_dir = "raw_output_data"
38     convert_videos_to_frames(path=path, output_dir=output_dir)
39     # точка входа в программу
40 if __name__ == "__main__":
41     main()

```

Этап 3

Условие

Напишите скрипт, который будет на вход получать размер изображения в формате словаря и приводить все изображения к входному размеру. Пример: вход (224, 224).

Справочные материалы: библиотека языка программирования Python OpenCV.

В качестве ответа предоставьте скрипт, который приводит изображения к определенному размеру.

Основная роль: программист-математик.

Вспомогательные роли: химик, программист по машинному обучению.

Формат ответа: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, соответствующий условию задачи. На вход программе с помощью CLI должны подаваться два числа, соответствующие размерности выходного изображения. Входные изображения формата jpg, полученные в задании 2, должны находиться в папке, находящейся рядом со скриптом, `input_data`, измененные изображения должны сохраняться в формате jpg в папку, находящуюся рядом со скриптом `output_data`.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий задачу в соответствии с условием. При соблюдении формата ответа ставится 10 баллов. При невозможности запуска скрипта, несоблюдения форматов входных и выходных данных, ставится 0.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1 # импорт необходимых библиотек
2 import os
3 import cv2
4 # метод для изменения размеров изображений
5 def change_size(size: tuple = (224, 224), input_path: str = "raw_output_data",
  ↳ output_path: str = "output_data"):

```

```

6     """Resize all images in folder
7     Args:
8         size (tuple, optional): Resize values. Defaults to (224, 224).
9         input_path (str, optional): Path to images. Defaults to "raw_input_data".
10        output_path (str, optional): Save path. Defaults to "raw_output_data".
11    """
12    for root, _, files in os.walk(input_path):
13        for file in files:
14            # если файл является картинкой, прочитайте его и измените размер
15            if file.endswith(".jpg"):
16                img = cv2.imread(os.path.join(root, file))
17                img = cv2.resize(img, size)
18            # формирование пути сохранения
19            save_dir = os.path.join(root, file).split(os.sep)[-2]
20            file_name = f"{file[:4]}_resized_to_{size[0]}_{size[1]}.jpg"
21            if not os.path.exists(os.path.join(output_path, save_dir)):
22                os.makedirs(os.path.join(output_path, save_dir))
23                save_path = os.path.join(output_path, save_dir, file_name)
24                cv2.imwrite(save_path, img)
25    def main():
26        """Entry point"""
27        input_path = "raw_output_data"
28        output_path = "output_data"
29        size = str(input("Input size for frames: "))
30        convert_size = (int(size.split(" ")[0]), int(size.split(" ")[1]))
31        change_size(convert_size, input_path=input_path, output_path=output_path)
32        # точка входа в программу
33    if __name__ == "__main__":
34        main()

```

Этап 4

Условие

Используя исходные изображения или изображения, полученные с помощью скрипта задачи 2, создайте алгоритм, позволяющий выявлять контуры кавитационных пузырей на изображении. Для этого необходимо написать скрипт, позволяющий получать из каждого изображения площадь, радиус, и длину окружности кавитационного пузыря.

Рекомендовано использовать кадры или видео, в которых пузыри четко сегментированы или когда наблюдается один пузырь.

Справочные материалы: библиотеки языка программирования Python OpenCV, NumPy.

В качестве ответа предоставьте скрипт, который изменяет входные изображения, рисуя на них контуры кавитационного пузыря и формирующий таблицу параметров формата .csv, в которой будет содержаться информация (метрики): «номер изображения»-«площадь»-«радиус»-«длина окружности»-«октановое число бензина».

| Номер/название изображения | Площадь (пиксель) | Радиус (пиксель) | Длина окружности (пиксель) | Октановое число |
|----------------------------|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | S1 | R1 | L1 | N1 |
| 2 | S2 | R2 | L2 | N2 |
| ... | | | | |

Основная роль: программист-математик.

Вспомогательные роли: химик, программист по машинному обучению.

Формат ответа: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, берущий на вход изображения формата jpg, полученные в задаче 2 или 3, находящиеся в папке рядом со скриптом с названием `input_data`. На выходе скрипта должен получаться файл формата csv соответствующий условию задачи с названием `output_data.csv`.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий задачу в соответствии с условием. При соблюдении формата ответа ставится 10 баллов. При невозможности запуска скрипта, несоблюдения форматов входных и выходных данных, ставится 0.

Пример программы-решения

Файл `utils.py` — для получения пути к папке проекта.

```
from pathlib import Path
def get_project_path():
    return Path(__file__).parent
```

Файл `params.py`.

```
# импорт необходимых библиотек
import cv2
import numpy as np
# функция получения контураdef get_area(cnt):
    area = cv2.contourArea(cnt)
    return area
# функция получения радиуса
def get_radius(cnt):
    return np.sqrt(get_area(cnt)/np.pi)
# функция получения диаметра
def eq_dia(cnt):
    equi_diameter = np.sqrt(4*get_area(cnt)/np.pi)
    return equi_diameter
# функция получения длины контура
def get_arc_lenght(cnt):
    return cv2.arcLength(cnt, True)
# функция получения центра пузыря
def get_center(contour):
    M = cv2.moments(contour)
    cx, cy = None, None
    if M['m00'] != 0:
        cx = int(M['m10']/M['m00'])
        cy = int(M['m01']/M['m00'])
    return cx, cy
```

Файл `main.py` — точка входа (основной скрипт).

```
# импорт необходимых библиотек
import os
import cv2
```

```

from task4.params import get_center, get_area, get_arc_lenght, eq_dia, get_radius
import pandas as pd
from tqdm import tqdm
from task4.utils import get_project_path
# предобработка изображений для более четкого выделения контура
def _get_inv_threshold(img):
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    blurred = cv2.GaussianBlur(gray, (15, 15), 0)
    threshold = cv2.adaptiveThreshold(blurred, 255, cv2.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,
    ↪ cv2.THRESH_BINARY_INV, 181, 17)
    return threshold
# получения внешних контуров
def _get_external_contours_by_threshold(threshold):
    contours, h = cv2.findContours(threshold, cv2.RETR_EXTERNAL,
    ↪ cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
    return contours, h
# получения избранных контуров по условию
def _filter_contours(contours, h):
    is_not_small = lambda contour: contour.size > 200
    is_opened = lambda h, i: h[0][i][2] < 0 and h[0][i][3] < 0
    filtered_contours = tuple(contour for i, contour in enumerate(contours)
    if is_not_small(contour) and is_opened(h, i))
    return filtered_contours
# получения выделенных контуров
def _highlight_contours(img, contours):
    for contour in contours:
        cv2.drawContours(img, contour, -1, (0, 255, 0), 2)
# получения описания пузыря
def find_molecules(img, octane_number):
    img = cv2.imread(img)
    threshold = _get_inv_threshold(img)
    contours = _filter_contours(*_get_external_contours_by_threshold(threshold))
    for contour in contours:
        cx, cy = get_center(contour)
        if cx is not None and cy is not None:
            cv2.circle(img, (cx, cy), 4, (0, 255, 255), -1)
            area = get_area(contour)
            arc_lenght = get_arc_lenght(contour)
            diam = eq_dia(contour)
            rad = get_radius(contour)
            return [area, rad, arc_lenght, octane_number]
# формирование пути для редактируемых файлов
def get_image_paths(directory):
    image_paths = []
    for dirpath, _, filenames in os.walk(directory):
        for filename in filenames:
            if filename.endswith(('.jpg')):
                image_paths.append(os.path.join(dirpath, filename))
    return image_paths
# точка входа в программу
if __name__ == '__main__':
    project_path = os.path.join(get_project_path(), 'input_data')
    directories = [os.path.join(project_path, item) for item in
    ↪ os.listdir(project_path) if
    os.path.isdir(os.path.join(project_path, item))]
    result_list = []
    for directory in directories:
        image_paths = get_image_paths(directory)
        octane_number = int(directory[-2:])
        for image in tqdm(image_paths):

```

```

parameters = find_molecules(image, octane_number)
result_list.append(parameters)
result_list = [row for row in result_list if row is not None]
output_data = pd.DataFrame(result_list, columns=['area', 'rad', 'arc_length',
↪ 'octane_number'])
output_data.to_csv('output_data.csv', index=False)

```

Этап 5

Условие

Используя таблицу, полученную в задаче 3, реализуйте модель классификации фотографий кавитационных пузырей по содержанию октанового числа (92, 95, 98) с помощью методов классического машинного обучения.

Справочные материалы: библиотека языка программирования Python Scikit-Learn.

В качестве ответа представьте скрипт Python с решенной задачей и таблицу в формате `csv`, где будут отображены: название модели, `precision`, `recall`, `f1-score` (примеры данных параметров можно увидеть в функции библиотеки `skikit-learn.metrics.classification_report`).

Пример таблицы.

| Название модели | Precision | Recall | f1-score |
|------------------------|-----------|--------|----------|
| Случайный лес | | | |
| Метод опорных векторов | | | |
| ... | | | |

Основная роль: программист по машинному обучению.

Вспомогательные роли: химик, программист математик.

Формат ответа: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, получающий на вход данные в формате `csv` с названием `input_data.csv`, лежащие рядом со скриптом, полученные в задаче 4. На выходе должна получаться таблица формата `csv` с названием `output_data.csv` с наполнением в соответствии с условием, лежащая рядом со скриптом.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий задачу в соответствии с условием. При соблюдении формата ответа ставится 10 баллов и производится оценивание. При невозможности запуска скрипта, несоблюдения форматов входных и выходных данных, ставится 0. За каждую рассчитанную модель ставится 1 балл, максимальное количество моделей 10. В соответствии с метриками точности ставится максимальный балл за задачу. В случае обучения модели на тренировочном, валидационном и тестовом датасете, с целью получения 100% точности, задания не засчитываются.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  # импорт необходимых библиотек
2  import pandas as pd
3  import os
4  from task4.utils import get_project_path
5  from sklearn.model_selection import train_test_split
6  from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
7  from sklearn.ensemble import GradientBoostingClassifier
8  from sklearn.linear_model import SGDClassifier
9  from sklearn.svm import SVC
10 from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
11 from sklearn.metrics import *
12 from sklearn.ensemble import AdaBoostClassifier
13 from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
14 from sklearn.linear_model import RidgeClassifier
15 from sklearn.naive_bayes import GaussianNB
16 from catboost import CatBoostClassifier
17 # чтение данных
18 df = pd.read_csv(os.path.join(get_project_path(), 'output_data.csv'))
19 result_dict = {}
20 # разделение на целевую переменную и формирование признаков
21 X = df[['area', 'rad', 'arc_length']]
22 y = df['octane_number']
23 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, random_state=42,
24     ↪ test_size=0.2)
25 # общий метод для формирования модели и получения метрики
26 def create_model(model, model_name):
27     model.fit(X_train, y_train)
28     y_pred = model.predict(X_test)
29     precision = precision_score(y_test, y_pred, average='weighted')
30     recall = recall_score(y_test, y_pred, average='weighted')
31     f1 = f1_score(y_test, y_pred, average='weighted')
32     print('precision: ', precision)
33     print('recall: ', recall)
34     print('f1: ', f1)
35     result_dict[model_name] = [precision, recall, f1]
36 # создание 10 моделей
37 model_RF = create_model(RandomForestClassifier(n_estimators=100, max_depth=6,
38     ↪ min_samples_split=2, min_samples_leaf=1), model_name =
39     ↪ 'RandomForestClassifier')
40 model_GB = create_model(GradientBoostingClassifier(n_estimators=100,
41     ↪ learning_rate=0.1, max_depth=3), model_name='GradientBoostingClassifier')
42 model_KNN = create_model(KNeighborsClassifier(n_neighbors=5, weights='uniform',
43     ↪ algorithm='auto', leaf_size=30), model_name = 'KNeighborsClassifier')
44 model_SVC = create_model(SVC(C=1.0, kernel='rbf', gamma='scale'), model_name =
45     ↪ 'SVC')
46 model_SGD = create_model(SGDClassifier(loss='hinge', penalty='l2', alpha=0.0001),
47     ↪ model_name = 'SGDClassifier')
48 model_ADA = create_model(AdaBoostClassifier(n_estimators=100, learning_rate=1.0,
49     ↪ algorithm='SAMME.R'), model_name = 'AdaBoostClassifier')
50 model_DTC = create_model(DecisionTreeClassifier(min_samples_split=2,
51     ↪ min_samples_leaf=1, criterion='gini'), model_name = 'DecisionTreeClassifier')
52 model_Ridge = create_model(RidgeClassifier(alpha=1.0), model_name =
53     ↪ 'RidgeClassifier')
54 model_NB = create_model(GaussianNB(), model_name = 'GaussianNB')
55 model_CAT = create_model(CatBoostClassifier(iterations=1000, learning_rate=0.01,
56     ↪ depth=6, l2_leaf_reg=3), model_name = 'CatBoostClassifier')
57 # формирование файла с метриками получившихся моделей и его сохранение
58 output_metrics =
59     ↪ pd.DataFrame.from_dict(result_dict).transpose().reset_index().rename({'index':
60     ↪ 'Model_name', 0:'Precision', 1:'Recall', 2:'f1-score'},axis=1)

```

```
48 output_metrics.to_csv('output_metrics.csv', index=False)
```

Этап 6

Условие

Используя исходные изображения или изображения, полученные в задаче 2, разложите модель классификации фотографий кавитационных пузырей по определению октанового числа бензина (92, 95, 98) с помощью сверточной нейронной сети, обученной методом перенесенного обучения (предобученные нейронные сети, например, ResNet50), с точностью выше 70%.

Справочные материалы: библиотеки языка программирования Python версии 3.7 или выше TensorFlow или Pytorch. В качестве ответа предоставьте скрипт Python с решенной задачей и таблицу в формате csv, где будут отображены: название модели, **precision**, **recall**, **f1-score** (примеры данных параметров можно увидеть в функции библиотеки `scikit-learn.metrics.classification_report`).

Пример таблицы.

| Название модели | Precision | Recall | f1-score |
|-----------------|-----------|--------|----------|
| ResNet50 | | | |
| VGG16 | | | |
| ... | | | |

Основная роль: программист по машинному обучению.

Вспомогательные роли: химик, программист-математик.

Формат ответа: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, получающий на вход данные в формате jpg из папки с названием `input_data`, лежащие рядом со скриптом, полученные в задаче 2 или 3. На выходе должна получаться таблица формата csv с названием `output_data.csv` с наполнением в соответствии с условием, лежащая рядом со скриптом.

Количество попыток: 1.

Критерии оценивания: скрипт на языке программирования Python версии 3.7 или выше, выполняющий задачу в соответствии с условием. При соблюдении формата ответа ставится 10 баллов и производится оценивание. При невозможности запуска скрипта, несоблюдения форматов входных и выходных данных, ставится 0. За каждую рассчитанную модель ставится 1 балл, максимальное количество моделей 10. В соответствии с метриками точности ставится максимальный балл за задачу. В случае обучения модели на тренировочном, валидационном и тестовом датасете, с целью получения 100% точности, задания не засчитываются.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 # импорт необходимых библиотек
2 import copy
3 import os
```

```
4 import time
5 import warnings
6 import numpy as np
7 import pandas as pd
8 import torch
9 import torch.nn as nn
10 from sklearn.metrics import f1_score, precision_score, recall_score
11 from torch.optim import lr_scheduler
12 from torchvision import datasets, models, transforms
13 warnings.filterwarnings("ignore")
14 # выбор папки с данными
15 data_dir = './data'
16 # формирование папки с отчетами о метриках
17 if not os.path.exists(os.path.join(os.getcwd(), 'reports')):
18     os.mkdir(os.path.join(os.getcwd(), 'reports'))
19 # выбор устройства, на котором будет производиться расчет
20 device = torch.device("cuda" if torch.cuda.is_available() else "cpu")
21 # виды папок
22 sets = ['train', 'val', 'test']
23 # трансформации данных для подачи на вход преобученным нейросетям
24 data_transforms = {
25     'train': transforms.Compose([
26         transforms.Resize(224),
27         transforms.CenterCrop(224),
28         transforms.RandomHorizontalFlip(),
29         transforms.RandomRotation(60),
30         transforms.ToTensor(),
31         transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
32     ]),
33     'val': transforms.Compose([
34         transforms.Resize(224),
35         transforms.CenterCrop(224),
36         transforms.RandomRotation(60),
37         transforms.ToTensor(),
38         transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
39     ]),
40     'test': transforms.Compose([
41         transforms.Resize(224),
42         transforms.CenterCrop(224),
43         transforms.ToTensor(),
44         transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
45     ])
46 }
47 # формирования датасетов изображений с использованием трансформации данных
48 image_datasets = {x: datasets.ImageFolder(os.path.join(data_dir, x),
49     ↪ data_transforms[x])
50     for x in sets}
51 # подготовка данных для dataloader
52 dataloaders = {x: torch.utils.data.DataLoader(image_datasets[x], batch_size=4,
53     ↪ shuffle=True, num_workers=0)
54     for x in sets}
55 dataset_sizes = {x: len(image_datasets[x]) for x in sets}
56 class_names = image_datasets['train'].classes
57 num_classes = len(class_names)
58 # метод тренировки модели
59 def train_model(model, num_epochs):
60     # ошибка при обучении расчет
61     criterion = nn.CrossEntropyLoss()
62     # оптимизатор гиперпараметров
63     optimizer = torch.optim.SGD(model.parameters(), lr=0.0001)
```

```

62     # регулировка шага обучения
63     scheduler = lr_scheduler.StepLR(optimizer, step_size=7, gamma=0.1)
64     model = model.to(device)
65     since = time.time()
66     epoch_counter_train = []
67     epoch_counter_val = []
68     train_loss = []
69     val_loss = []
70     train_acc = []
71     val_acc = []
72     best_acc = 0.0
73     # обучение модели в течение num_epochs pas for epoch in range(num_epochs):
74     print('Epoch {}/{}'.format(epoch + 1, num_epochs))
75     print('-' * 10)
76     # Each epoch has a training and validation phase
77     for phase in ['train', 'val']:
78         if phase == 'train':
79             model.train() # Set model to training mode
80         else:
81             model.eval() # Set model to evaluate mode
82             running_loss = 0.0
83             running_corrects = 0
84             # Iterate over data.
85             for inputs, labels in dataloaders[phase]:
86                 inputs = inputs.to(device)
87                 labels = labels.to(device)
88                 # zero the parameter gradients
89                 optimizer.zero_grad()
90                 # forward
91                 # track history if only in train
92                 with torch.set_grad_enabled(phase == 'train'):
93                     outputs = model(inputs)
94                     _, preds = torch.max(outputs, 1)
95                     loss = criterion(outputs, labels)
96                 # backward + optimize only if in training phase
97                 if phase == 'train':
98                     loss.backward()
99                     optimizer.step()
100                    scheduler.step()
101                 # statistics
102                 running_loss += loss.item() * inputs.size(0)
103                 running_corrects += torch.sum(preds == labels.data)
104             # For graph generation
105             if phase == "train":
106                 train_loss.append(running_loss / dataset_sizes[phase])
107                 train_acc.append(running_corrects.double() / dataset_sizes[phase])
108                 epoch_counter_train.append(epoch)
109             if phase == "val":
110                 val_loss.append(running_loss / dataset_sizes[phase])
111                 val_acc.append(running_corrects.double() / dataset_sizes[phase])
112                 epoch_counter_val.append(epoch)
113             epoch_loss = running_loss / dataset_sizes[phase]
114             epoch_acc = running_corrects.double() / dataset_sizes[phase]
115             # for printing
116             if phase == "train":
117                 epoch_loss = running_loss / dataset_sizes[phase]
118                 epoch_acc = running_corrects.double() / dataset_sizes[phase]
119             if phase == "val":
120                 epoch_loss = running_loss / dataset_sizes[phase]
121                 epoch_acc = running_corrects.double() / dataset_sizes[phase]

```

```

122     print('{} Loss: {:.4f} Acc: {:.4f}'.format(
123         phase, epoch_loss, epoch_acc))
124     # deep copy the best model
125     if phase == 'val' and epoch_acc > best_acc:
126         best_acc = epoch_acc
127         best_model_wts = copy.deepcopy(model.state_dict())
128     time_elapsed = time.time() - since
129     print('Training complete in {:.0f}m {:.0f}s'.format(
130         time_elapsed // 60, time_elapsed % 60))
131     print('Best val Acc: {:.4f}'.format(best_acc))
132     precision_metrics = []
133     recall_metrics = []
134     f1_metrics = []
135     total = 0
136     with torch.inference_mode():
137         for i, (inputs, labels) in enumerate(dataloaders['test']):
138             inputs = inputs.cpu()
139             labels = labels.cpu()
140             model = model.cpu()
141             outputs = model(inputs)
142             _, predicted = torch.max(outputs.data, 1)
143             total += labels.size(0)
144             precision_metrics.append(precision_score(labels, predicted,
145                 ↪ average='weighted'))
146             recall_metrics.append(recall_score(labels, predicted, average='weighted'))
147             f1_metrics.append(f1_score(labels, predicted, average='weighted'))
148     return np.mean(precision_metrics), np.mean(recall_metrics),
149     ↪ np.mean(f1_metrics)
150 # список моделей для подкачивания предобученных архитектур
151 all_models = [
152     'mobilenet_v2', 'resnet18', 'resnet34', 'resnet50', 'resnet101',
153     'resnet152', 'vgg11', 'vgg13', 'vgg16', 'vgg19']
154 results = []
155 num_epochs = 200
156 # добавление дополнительных слоев в нейронным сетями в зависимости от атрибутов
157 ↪ архитектуры
158 for name in all_models:
159     model = getattr(models, name)(pretrained=True)
160     if hasattr(model, 'fc'):
161         model.fc = nn.Sequential(
162             nn.Linear(model.fc.in_features, 512),
163             nn.ReLU(inplace=True),
164             nn.Dropout(0.5),
165             nn.Linear(512, num_classes)
166         )
167     elif hasattr(model, 'classifier'):
168         model.classifier[-1] = nn.Sequential(
169             nn.Linear(model.classifier[-1].in_features, 512),
170             nn.ReLU(inplace=True),
171             nn.Dropout(0.5),
172             nn.Linear(512, num_classes)
173         )
174     precision, recall, f1 = train_model(model, num_epochs=num_epochs)
175     results.append([name, precision, recall, f1])
176 # формирование итоговой таблицы и сохранение
177 df = pd.DataFrame(results, columns=['Model', 'Precision', 'Recall', 'f1-score'])
178 df.to_csv(os.path.join(os.getcwd(), 'reports', 'output_data.csv'), index=False)

```

Этап 7

Условие

Сопоставьте методы классического машинного обучения и методы перенесенного обучения для сверточных нейронных сетей и сделайте выводы, используя в качестве примера задачи по классификации фотографий кавитационных пузырьков по определению октанового числа бензина. В документе опишите преимущества и недостатки методов, ключевые данные проведенных анализов. В качестве ответа предоставьте файл в формате pdf, с развернутым ответом по условиям задачи 7.

Формат ответа: файл в формате pdf.

Количество попыток: 1.

Основная роль: химик.

Вспомогательные роли: программист по машинному обучению, программист математик.

Критерии оценивания: 5 баллов ставится за полный аргументированный ответ, подкрепленный научными публикациями и собственными выкладками касательно данных и моделей.

Решение

Эталонное решение команды победителя.

При ультразвуковом облучении бензина в жидкости образуются кавитационные пузырьки. На свойства этих пузырьков и их эволюцию влияют физико-химические свойства жидкостей. Поскольку пузырьки проявляют нестабильное, близкое к критическому, поведение, очень сложно определить критерий, позволяющий различать пузырьки в бензине с различной концентрацией. Однако большое количество кадров, снятых высокоскоростной камерой, позволило обучить CNN и различать три образца бензина с разным содержанием кислорода. При этом точность предсказания — около 98%.

Это показывает потенциал использования изображений кавитационных пузырьков, полученных с помощью высокоскоростных камер, для анализа свойств бензина в режиме реального времени. Обучение модели на большом наборе изображений кавитационных пузырьков для образцов, предоставленных разными производителями, вероятно, приведет к повышению точности (данная информация содержится в научной статье Aliev T., Korolev I., Burdulenko O., Alchinova E., Subbota A., Yasnov M., Nosonovsky M., Skorb E.V. Automatic image processing of cavitation bubbles to analyze properties of petroleum products//Digital Discovery, 2024, pp. Accepted Manuscript).

Сопоставляя методы классического машинного обучения и методы перенесенного обучения для сверточных нейронных сетей на примере задачи классификации фотографий кавитационных пузырьков по определению октанового числа бензина, важно в первую очередь смотреть на точность предсказаний или какую-то другую метрику, в нашем случае — **f1-score**.

Максимальный **f1** у наших классических методов машинного обучения — 0,879, а у нейронных сетей — 0,988. Теперь важно ответить на вопрос: почему так вышло?

- Ограниченность и неточность набора данных. В датасет для задания №5 попало

довольно мало картинок из-за неточностей детекции пузырьков. Кроме того, эти данные (радиус, длина и площадь) могли быть неточными после переноса с картинки. В то же время нейронные сети получали самую точную информацию при помощи сверток.

- Неполная информативность набора данных. Очевидно, что картинка намного информативнее части данных, взятых с нее. С картинок можно считать намного больше информации, чем радиус, длина и площадь. На октановое число бензина может влиять, например, насыщенность цвета пузырька и другие параметры, которые нейронная сеть может обработать, а классические методы — нет.
- Сложность алгоритмов.

Классические методы машинного обучения работают гораздо проще, чем нейронные сети и могут пропускать и не улавливать важных закономерностей в данных (безусловно, нейронные сети тоже поддаются этому закону, но в меньшей мере), поэтому нейронная сеть, особенно глубокая и предобученная, победила в метрике.

Подводя итог, можно заключить, что для работы с картинками сверточные нейронные сети подходят гораздо лучше, чем леса, бустинги и другие классические методы. Важно уметь пользоваться методами и правильно работать с данными для достижения высоких результатов.

Все скрипты формата .py доступны по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/I_AkrucuHpgYWw.

Система оценивания

Максимальное количество баллов за задачу инженерного тура — 100. На каждом этапе оцениваются задачи №№ 1–7 согласно указанным критериям. Максимальное количество баллов за каждую задачу, количество попыток на задачу и рекомендуемые роли приведены в таблице ниже.

Команда-победитель определяется по наибольшей сумме баллов за задачи командного этапа. При одинаковом количестве баллов более высокий рейтинг будет у той команды, которая по итогам очного представления результатов работы набрала больше баллов от членов жюри, оценивающих самостоятельность участников (максимально 10 баллов) и качество ответов на вопросы членов жюри (максимально 10 баллов).

| Задача № | Кол-во баллов | Кол-во попыток | Рекомендованные роли |
|----------|---------------|----------------|--|
| 1 | 10 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Основная роль: химик. • Вспомогательные роли: программист по машинному обучению, программист-математик. |
| 2 | 10 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Основные роли: химик, программист по машинному обучению, программист-математик. |
| 3 | 10 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Основная роль: программист-математик. • Вспомогательные роли: химик, программист по машинному обучению. |

| Задача № | Кол-во баллов | Кол-во попыток | Рекомендованные роли |
|----------|---------------|----------------|---|
| 4 | 15 | 1 | <ul style="list-style-type: none">• Основная роль: программист-математик.• Вспомогательные роли: химик, программист по машинному обучению. |
| 5 | 20 | 1 | <ul style="list-style-type: none">• Основная роль: программист по машинному обучению.• Вспомогательные роли: химик, программист-математик. |
| 6 | 20 | 1 | <ul style="list-style-type: none">• Основная роль: программист по машинному обучению.• Вспомогательные роли: химик, программист-математик. |
| 7 | 5 | 1 | <ul style="list-style-type: none">• Основная роль: химик.• Вспомогательные роли: программист по машинному обучению, программист-математик. |

Материалы для подготовки

1. <https://stepik.org/course/50352/promo>;
2. <https://stepik.org/course/4852/promo>;
3. <https://stepik.org/course/82177/promo?search=1988024994>;
4. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.2c00948>;
5. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nano.202200092>;
6. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/DD/D2DD00132B>.

Критерии определения победителей и призеров

Первый отборочный этап

В первом отборочном этапе участники решали задачи предметного тура по двум предметам: химии 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 100 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 78 баллов, независимо от уровня.

Заключительный этап

Индивидуальный предметный тур

- химия — 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 (химия, 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 химии (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 2 победителя и 5 призеров (первые 25% участников рейтинга становятся победителями или призерами, из них первые 8% становятся победителями, оставшиеся — призерами).

Критерий определения победителей и призеров (независимо от уровня)

| Категория | Количество баллов |
|------------------|--------------------------|
| Победители | 77,45 и выше |
| Призеры | От 64,50 до 75,90 |

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».

