



# НТО

**МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ**  
**Всероссийской междисциплинарной олимпиады**  
**школьников 8–11 класса**  
**«Национальная технологическая олимпиада»**  
**по профилю**  
**«Инженерные биологические системы»**

2024/25 учебный год

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

УДК 373.5.016:[57:004]

ББК 74.262.8

И62

Авторы:

И. В. Артамонова, А. Ю. Заборская, О. Ю. Заборская, Е. Е. Катунина, Н. В. Мальцевская, Т. А. Маннанов, А. И. Мелешук, И. А. Поликарпов

**И62** Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада». Учебно-методическое пособие  
Том 9 **Инженерные биологические системы**  
— М.: Ассоциация участников технологических кружков, 2025. — 362 с.

ISBN 978-5-908021-08-1

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

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

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

05.00.00 Науки о земле

06.00.00 Биологические науки

12.00.00 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

13.00.00 Электро- и теплоэнергетика

19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии

20.00.00 Техносферная безопасность и природообустройство

35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство

ISBN 978-5-908021-08-1

УДК 373.5.016:[57:004]

ББК 74.262.8



9 785908 021081 >



# Оглавление

<b>1 Введение</b>	<b>5</b>
1.1 Национальная технологическая олимпиада	5
1.2 Инженерные биологические системы	13
<b>2 Первый отборочный этап</b>	<b>15</b>
2.1 Работа наставника НТО на этапе	15
2.2 Предметный тур. Химия	16
2.2.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	16
2.2.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	25
2.2.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	36
2.2.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	46
2.2.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	59
2.2.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	71
2.2.7 Четвертая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	84
2.2.8 Четвертая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	96
2.3 Предметный тур. Биология	110
2.3.1 Первая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	110
2.3.2 Первая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	116
2.3.3 Вторая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	124
2.3.4 Вторая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	130
2.3.5 Третья волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	138
2.3.6 Третья волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	145
2.3.7 Четвертая волна. Задачи 8–9 класса . . . . .	153
2.3.8 Четвертая волна. Задачи 10–11 класса . . . . .	159
2.4 Инженерный тур	167
<b>3 Второй отборочный этап</b>	<b>178</b>
3.1 Работа наставника НТО на этапе	178

<b>3.2 Инженерный тур</b>	<b>180</b>
3.2.1 Индивидуальные задачи . . . . .	180
3.2.2 Командные задачи . . . . .	194
<b>4 Заключительный этап</b>	<b>208</b>
<b>4.1 Работа наставника НТО при подготовке к этапу</b>	<b>208</b>
<b>4.2 Предметный тур</b>	<b>210</b>
4.2.1 Биология. 8–9 классы . . . . .	210
4.2.2 Биология. 10–11 классы . . . . .	231
4.2.3 Химия. 8–9 классы . . . . .	253
4.2.4 Химия. 10–11 классы . . . . .	263
<b>4.3 Инженерный тур</b>	<b>276</b>
4.3.1 Общая информация . . . . .	276
4.3.2 Легенда задачи . . . . .	276
4.3.3 Требования к команде и компетенциям участников . . . . .	277
4.3.4 Оборудование и программное обеспечение . . . . .	277
4.3.5 Описание задачи . . . . .	278
4.3.6 Система оценивания . . . . .	284
4.3.7 Решение задачи . . . . .	284
4.3.8 Материалы для подготовки . . . . .	358
<b>5 Критерии определения победителей и призеров</b>	<b>360</b>
<b>6 Работа наставника после НТО</b>	<b>362</b>

# 1. Введение

## 1.1. Национальная технологическая олимпиада

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

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

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

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

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

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

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

## ***Ценности НТО***

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

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

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

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

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

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

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

## ***Работать в команде***

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

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

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

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

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

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

### ***Быть человеком***

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

## ***Организационная структура НТО***

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

Соревнования в рамках НТО проводятся по четырем трекам:

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

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

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

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

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

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

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

#### **Профили II уровня РСОШ:**

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

#### **Профили III уровня РСОШ:**

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

#### **Профили без уровня РСОШ:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Наставники НТО

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

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

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

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

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

### *Основные направления работы наставника*

Организационные задачи:

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

Содержательная подготовка:

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



Развитие личных и командных навыков:

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

## Поддержка наставников НТО

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

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

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

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

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

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

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

Сообщество наставников НТО существует и развивается. Ежегодно Кружко-

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

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

В нем рассмотрены особенности подготовки к пяти направлениям:

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

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

## 1.2. Инженерные биологические системы

Профиль Национальной технологической олимпиады Инженерные биологические системы посвящен развитию концепции ситифермерства и созданию технологии интенсифицированного выращивания полезных биологических объектов с применением методов современной инженерии. Основной вектор — создание высокотехнологичных агропромышленных установок и комплексов, включая работу с водными биоресурсами, с целью оптимизации технологий выращивания, упрощения логистики при доставке грузов и повышения качества жизни человека в перспективе продолжения урбанизации и освоения космоса.

Знакомство с профилем начинается с «Урока НТО» по профилю Инженерные биологические системы, который проводится в общеобразовательных учреждениях. Материалы для его проведения находятся на сайте <https://nto-lesson.ru/> и доступны после регистрации на платформе «Талант». Урок знакомит с основными понятиями профиля, историей развития и современными достижениями в данной области.

В процессе решения заданий **отборочных этапов** по химии и биологии школьники знакомятся с основными свойствами биологических объектов, которые используются человеком для получения целевых продуктов или обеспечения процессов биodeградации в лабораторных и промышленных масштабах. Отдельные блоки посвящены методам проведения химического и биологического анализа, а также принципам организации и функционирования многокомпонентных систем.

Задания базового и олимпиадного уровня чередуются между собой и позволяют постепенно погрузиться в тематику профиля. На данном этапе можно не только проработать отдельные разделы школьных предметов и междисциплинарных областей, но и получить знания, необходимые для решения заданий заключительного этапа и актуальных проблем отрасли.

**Второй этап** включают в себя наборы заданий по компетенциям, условно соответствующим ролям в команде, а также комплексные междисциплинарные задачи для совместного решения.

Для формирования объема знаний, не входящих в школьную программу, участникам предложены образовательные блоки и подборки материалов для изучения истории развития междисциплинарной области и инноваций в данной сфере на текущий момент. Ключевыми областями для ознакомления являются:

- биотехнологии;
- агrobiотехнологии;
- ситифермерство;
- направления, сопутствующие реализации актуальных задач технологии.

На отборочном этапе предлагается декомпозированная задача заключительного этапа, представленная в формате заданий, логично выстроенных от базового школьного уровня (химия, биология) до олимпиадного.

Задача **заключительного этапа профиля** представляет собой комплексную инженерную многоуровневую задачу, состоящую из теоретической части, посвященной

актуальным экологическим и продовольственным проблемам человечества, и практической части для реализации на полигоне.

Результатом ее решения является инженерная биологическая система (ситиферма), спроектированная с применением программ двумерного и трехмерного проектирования, выполненная в соответствии с заданными в условии пространственными и климатическими характеристиками, а также комплект технической документации и лабораторных журналов, подтверждающих результативность решения практической части.

Отдельное внимание уделяется:

- оптимизации работы на полигоне ситифермы;
- решению вопросов повышения урожайности на единицу полезной поверхности;
- разработке методов сокращения затрат водных ресурсов и электроэнергии;
- уменьшению количества отходов;
- автоматизации ручных операций;
- поддержанию ключевых параметров системы.

Один из важных моментов на заключительном этапе — письменный предметный тур по химии и биологии. Его прохождение дает участникам возможность показать теоретические знания и уровень подготовки по профильным предметам, соответствующих входным на данный профиль, и зафиксировать индивидуальный результат.

Для подготовки к решению практической задачи заключительного этапа проводятся практикумы по работе со специализированным программным обеспечением и оборудованием, а также онлайн-хакатоны по тематике подзадач этого этапа.

Победители и призеры профиля Инженерные биологические системы поступают в ведущие вузы России на специальности, связанные с биологией и биотехнологией, принимают участие в научно-технологических проектных школах по агротехнологиям, биологии, биотехнологии, ситифермерству и другим смежным тематикам.

Участие школьников в данном профиле повышает осознанность выбора профессии в области биотехнологии и естественных наук, способствует популяризации знаний в этих сферах. Собственный реальный опыт управления сложной системой дает возможность уже в школьном возрасте понять свое отношение и выбрать целевой профильный вуз, а значит, сформировать эффективную образовательную траекторию.

## 2. Первый отборочный этап

### 2.1. Работа наставника НТО на этапе

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

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

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

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

## 2.2. Предметный тур. Химия

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

Задачи первой волны предметного тура по химии за 8–9 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63467/enter/>.

#### **Задача 2.2.1.1. Что в имени тебе моем? (10 баллов)**

*Темы: неорганическая химия, номенклатура неорганических веществ.*

##### **Условие**

У каждого вещества — неорганического или органического — должно быть свое название. Иначе ни химики, ни обычные люди не будут понимать друг друга. Для этого и существует номенклатура веществ (на латыни *nomenclatura* — называние имен). Многие вещества имеют исторически сложившиеся «собственные имена», которые известны как тривиальные названия. Они не вытекают из каких-либо единых систематических принципов, не выражают строения соединения и чрезвычайно разнообразны. В настоящее время используется систематическая международная номенклатура ИЮПАК (IUPAC) — Международный союз теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry), позволяющая дать веществу однозначное название и отражающая его принадлежность к определенному классу веществ, то есть строение.

Соотнесите тривиальные названия веществ с их систематическими названиями.

В ответе укажите сочетание буквы тривиального названия с соответствующей цифрой систематического названия через тире; между сочетаниями для различных веществ поставьте запятую. Например: А — 1, В — 2, С — 3 и т. д.

Тривиальное название вещества:

- А. Негашеная известь.
- В. Веселящий газ.
- С. Бурый газ, лисий хвост.
- Д. Поташ.
- Е. Пищевая сода.
- Ф. Гашеная известь.
- Г. Едкий натр.
- Н. Индийская селитра.
- И. Чилийская селитра.
- Ж. Известняк.

Систематическое название:

- 1. Гидроксид натрия.
- 2. Гидроксид кальция.
- 3. Карбонат кальция.
- 4. Гидрокарбонат натрия.
- 5. Карбонат калия.
- 6. Нитрат натрия.
- 7. Нитрат калия.
- 8. Оксид кальция.
- 9. Оксид азота (I).
- 10. Оксид азота (IV).

**Ответ:** А — 8, В — 9, С — 10, Д — 5, Е — 4, Ф — 2, Г — 1, Н — 7, И — 6, Ж — 3.

### **Задача 2.2.1.2. Сплавы в современном мире (30 баллов)**

Темы: неорганическая химия, массовая доля вещества в смеси, расчет по уравнению реакции.

#### **Условие**

В современном мире технологии и инженерии сплавы металлов играют важнейшую роль. Эти материалы сочетают свойства различных металлов, создавая уникальные характеристики, которые невозможно достичь с помощью чистых веществ. Сплавы — это не просто комбинации элементов, а инновационные решения для множества проблем, стоящих перед инженерами и учеными. Использование сплавов дает возможность создавать материалы с уникальным набором физико-химических характеристик, чтобы оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность изделий. Это причина того, почему они так широко распространены в самых разнообразных областях: от строительства до высоких технологий.

Силумин (сплав на основе алюминия и кремния) представляет собой важный материал, сочетающий в себе прочность, устойчивость и легкость, что обеспечивает его широкое применение в различных областях промышленности и дизайна. Благодаря прочности, низкому весу, коррозионной стойкости силумин используется в автомобилестроении, авиастроении, кораблестроении, в космической промышленности.



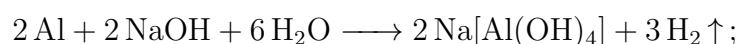
Для анализа образца силумина, содержащего алюминий и кремний, массой 30 г его растворили в 400 г 15%-го раствора едкого натра, при этом выделился газ объемом 38,4 л (н. у.).

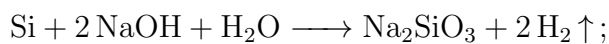
#### **Задание 1. (10 баллов)**

Определите массовую долю алюминия в сплаве (в процентах). Число округлите до целых.

#### **Решение**

Составим уравнения реакций:





$$n(\text{H}_2) = \frac{38,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,714 \text{ моль.}$$

Если  $n(\text{Al}) = x$  моль,  $n(\text{Si}) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} 27x + 28y = 30, \\ 1,5x + 2y = 1,714. \end{cases}$$

$x = 1$  моль,  $y = 0,107$  моль.

$$m(\text{Al}) = n \cdot M = 1 \cdot 27 = 27 \text{ г};$$

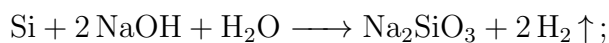
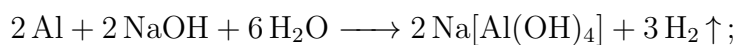
$$\omega(\text{Al}) = \frac{27}{30} = 0,9 \text{ или } 90\%.$$

**Ответ:** 90.

**Задание 2.** (10 баллов) Определите массовую долю кремния в сплаве (в процентах). Число округлите до целых.

**Решение**

Составим уравнения реакций:



$$n(\text{H}_2) = \frac{38,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,714 \text{ моль.}$$

Если  $n(\text{Al}) = x$  моль,  $n(\text{Si}) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} 27x + 28y = 30, \\ 1,5x + 2y = 1,714. \end{cases}$$

$x = 1$  моль,  $y = 0,107$  моль.

$$m(\text{Si}) = n \cdot M = 0,107 \cdot 28 = 2,996 \approx 3 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Si}) = \frac{3}{30} = 0,1 \text{ или } 10\%.$$

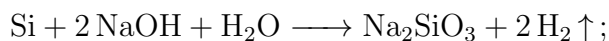
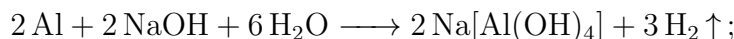
**Ответ:** 10.

**Задание 3.** (10 баллов) Определите массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе (в процентах). Число округлите до десятых.



**Решение**

Составим уравнения реакций:



$$n(\text{H}_2) = \frac{38,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,714 \text{ моль}.$$

Если  $n(\text{Al}) = x$  моль,  $n(\text{Si}) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} 27x + 28y = 30, \\ 1,5x + 2y = 1,714. \end{cases}$$

$x = 1$  моль,  $y = 0,107$  моль.

$$m(\text{NaOH})_{\text{в исх. растворе}} = 400 \cdot 0,15 = 60 \text{ г};$$

$$m(\text{NaOH})_{\text{прореагир.}} = (1 + 0,107 \cdot 2) \cdot 40 = 48,56 \text{ г};$$

$$m(\text{NaOH})_{\text{оставшегося}} = 60 - 48,56 = 11,44 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{11,44 \cdot 100}{400 + 30 - 1,714 \cdot 2} = 2,7\%.$$

**Ответ:** 2,7.

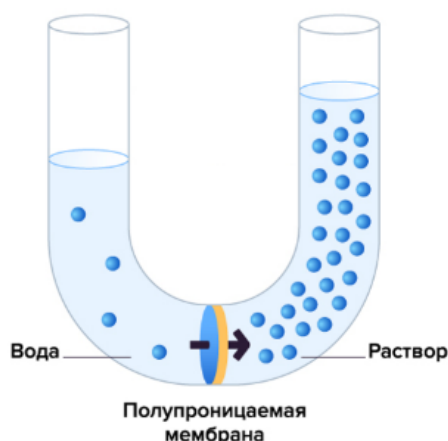
**Задача 2.2.1.3. Осмос в биологических системах (25 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Поры полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Но осмос значим и в быту: с древности с его помощью консервировали пищу — в соленой среде вода вытекает из клеток, что приводит к сморщиванию (весь материал внутри клетки отслаивается от клеточной стенки) и потере жизнедеятельности микроорганизмов (этот процесс называют плазмолизом).



**Задание 1.** (7 баллов) Рассчитайте массу поваренной соли, необходимую для приготовления 1,5 л рассола для засаливания огурцов (плотность  $\rho = 1\,055$  г/л), массовая доля соли в котором составляет 7,5%. Ответ запишите в граммах с точностью до десятых.

### Решение

Рассчитаем массу раствора

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,055 \cdot 1,5 = 1\,582,5 \text{ г.}$$

Масса соли составляет:

$$m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ра}} \omega(\text{NaCl}) = 1\,582,5 \cdot 0,075 = 118,7 \text{ г.}$$

**Ответ:** 118,7. Диапазон 118–119.

**Задание 2.** (9 баллов) Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:  $\pi = CRT$ , где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

При внутривенном введении используют изотонические растворы — растворы, осмотическое давление которых соответствует давлению плазмы крови — в такой среде вода не поступает в клетку и не выводится из клетки, что предотвращает повреждение эритроцитов. Изотонический 5%-й раствор глюкозы применяют для улучшения антитоксической функции печени, восполнения водного и энергетического дефицита, для разведения и растворения лекарственных препаратов.



Рассчитайте величину осмотического давления 5%-го водного раствора глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) при температуре  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  (плотность  $\rho = 1\,018\text{ г/л}$ ). Ответ приведите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### **Решение**

Рассчитаем массу 1 л раствора  $m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,018 \cdot 1,0 = 1\,018\text{ г}$ .

Масса глюкозы составляет

$$m(C_6H_{12}O_6) = m_{\text{р-ра}} \omega(C_6H_{12}O_6) = 1\,018 \cdot 0,05 = 50,9\text{ г.}$$

Количество вещества глюкозы

$$n(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{50,9}{6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16} = 0,283\text{ моль,}$$

соответственно, молярная концентрация раствора

$$C(C_6H_{12}O_6) = \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{V} = \frac{0,283}{1} = 0,283\text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление

$$\pi = CRT = 0,283 \cdot 8,314 \cdot (273 + 37) = 729,4\text{ кПа.}$$

**Ответ:** 729. Диапазон 710–750.

**Задание 3.** (9 баллов) Водные растворы полимера гидроксиэтилкрахмала вводят внутривенно для предотвращения шока при значительной кровопотере, например, в случае травмы, поскольку это способствует нормализации и улучшению гемодинамических показателей, уменьшает вязкость плазмы, снижает агрегацию тромбоцитов и эритроцитов. Осмотическое давление раствора полимера мало, поэтому в состав также включают неорганические соли, чтобы сделать раствор препарата изотоничным крови.

Установите молярную массу гидроксиэтилкрахмала в граммах на моль (г/моль) с точностью до целых, если осмотическое давление раствора, содержащего 15,0 г полимера в 250 мл раствора, составляет 1,022 кПа при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Решение**

Молярная концентрация раствора полимера

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{1,022}{8,314 \cdot (273 + 20)} = 0,42 \text{ ммоль/л},$$

т. е. количество вещества полимера

$$n = CV = 0,42 \cdot 0,25 = 0,105 \text{ ммоль}.$$

$$\text{Тогда молярная масса } M = \frac{m}{n} = \frac{15}{0,105} \cdot 1\,000 = 142\,857 \text{ г/моль}.$$

**Ответ:** 142 857. Диапазон 140 000–147 000.

**Задача 2.2.1.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

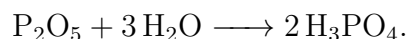
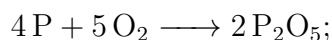
Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.

**Условие**

Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

Этот процесс упрощенно можно описать следующими реакциями:



**Задание 1.** (7 баллов) Рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, содержащего 0,5% негорючих примесей (расход фосфора 3 000 кг/ч). Ответ приведите в кубических метрах при нормальных условиях с точностью до целых. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

**Решение**

В расчете на 1 ч количество вещества фосфора составляет

$$n(\text{P}) = \frac{m}{M} = \frac{3\,000 \cdot 0,995}{31} = 96,29 \text{ кмоль},$$

тогда

$$n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = \frac{5}{4}n(\text{P}) = 120,36 \text{ кмоль},$$

$$n_{\text{практ}}(\text{O}_2) = 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 120,36 = 240,72 \text{ кмоль}.$$

Объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2)V_0 = 240,72 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 5\,392\,128 \text{ л},$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{5\,392\,128}{0,21 \cdot 1\,000} = 25\,677 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 25 677. Диапазон 24 380–26 970.

**Задание 2.** (6 баллов) Рассчитайте массу 75%-го раствора фосфорной кислоты, образующегося в башне, в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых.

### Решение

Количество вещества фосфорной кислоты соответствует количеству фосфора  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{P}) = 96,29 \text{ кмоль/ч}$ , тогда:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4)M = 96,29 \cdot (3 + 31 + 16 \cdot 4) = 9\,436,42 \text{ кг/ч},$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\omega(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{9\,436,42}{0,75} = 12\,581 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 12 581. Диапазон 12 577–12 585.

**Задание 3.** (6 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. Рассчитайте массу угля, содержащего 5% негорючих примесей, которую удастся сэкономить при полном использовании тепла сгорания фосфора. Ответ приведите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых. Теплота сгорания белого фосфора в указанных условиях составляет 1 764 кДж/моль, углерода 394 кДж/моль.

### Решение

Количество теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, составляет

$$Q = Q_P n(\text{P}) = 96,29 \cdot 1\,764 = 169\,802 \text{ МДж/ч},$$

тогда

$$n(\text{C}) = \frac{Q}{Q_C} = \frac{169\,802 \cdot 1\,000}{394} = 430\,970 \text{ моль/ч},$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C})M = 430\,970 \cdot 12 = 5\,172 \text{ кг/ч},$$

$$m_{\text{уголь}} = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{5\,172}{0,95} = 5\,444 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 5 444. Диапазон 5 440–5 448.

**Задание 4.** (6 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов.



Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.

Рассчитайте концентрацию ионов водорода в 0,01 моль/л растворе фосфорной кислоты, если известно, что степень диссоциации кислоты по первой ступени составляет 57%, а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь. Ответ приведите в миллимоль на литр (ммоль/л) с точностью до десятых.

### **Решение**

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Степень диссоциации представляет собой отношение количества вещества, распавшегося на ионы, к общему количеству растворенного вещества:

$$\alpha_I = \frac{n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{n_0(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

В расчете на 1 л раствора

$$n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV = 0,01 \cdot 1 = 0,01 \text{ моль};$$

$$\begin{aligned} n(\text{H}^+) = n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) &= \alpha_I n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,57 \cdot 0,01 = \\ &= 0,0057 \text{ моль} = 5,7 \text{ ммоль}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 5,7.

### **Задача 2.2.1.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)**

Тема: химики России.

#### **Условие**

##### **Врач, геолог, химик, педагог...**

Этот ученый отличался разносторонностью своих интересов. Поступил на медицинский факультет в Дерптском университете, чтобы иметь возможность изучать химию. В начале своей научной деятельности в Иркутске одновременно с врачебной практикой проводил химические и минералогические исследования — изучал химический состав минеральных вод и минералов, в том числе открытых им в экспедициях по Уралу и Сибири. Его рвение в химии было отмечено, по приглашению Академии наук он возвратился в Петербург, чтобы посвятить свою жизнь именно этой науке. Активно занимался вопросами методики преподавания химии; учебник «Основания чистой химии», выпущенный им, произвел фурор в академическом обществе и выдержал семь изданий.

Педагогический талант химика был отмечен весьма высоко — ему выпала честь обучать естественным наукам наследника русского престола, будущего императора Александра II.

Мировую известность этому химику принесло открытие закона, который имеет большое значение не только в химии, но и в инженерии для эффективного проектирования и оптимизации всевозможных систем и устройств, так как позволяет рассчитать теплоту химических процессов, не проводя их! Этот закон имеет применение и в медицине, как теоретическая основа определения калорийности продуктов питания.

Назовите этого ученого:

- А. Александр Ерминингельдович Арбузов;
- В. Александр Михайлович Бутлеров;
- С. Федор Федорович Бейльштейн;
- Д. Александр Порфирьевич Бородин;
- Е. Герман Иванович Гесс;
- Г. Дмитрий Иванович Менделеев;
- Г. Сергей Васильевич Лебедев;
- Н. Юрий Анатольевич Овчинников;
- И. Игорь Михайлович Скурихин;
- Ж. Михаил Семенович Цвет.

**Ответ:** Е.

### **2.2.2. Первая волна. Задачи 10–11 класса**

Задачи первой волны предметного тура по химии за 10–11 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contes>

[t.yandex.ru/contest/63484/enter/](http://t.yandex.ru/contest/63484/enter/).

### **Задача 2.2.2.1. Что в имени тебе моем? (10 баллов)**

Темы: неорганическая химия, номенклатура неорганических веществ.

#### **Условие**

У каждого вещества — неорганического или органического — должно быть свое название. Иначе ни химики, ни обычные люди не будут понимать друг друга. Для этого и существует номенклатура веществ (на латыни *nomenclatura* — называние имен). Многие вещества имеют исторически сложившиеся «собственные имена», которые известны как тривиальные названия. Они не вытекают из каких-либо единых систематических принципов, не выражают строения соединения и чрезвычайно разнообразны. В настоящее время используется систематическая международная номенклатура ИЮПАК (IUPAC) — Международный союз теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry), позволяющая дать веществу однозначное название и отражающая его принадлежность к определенному классу веществ, то есть строение.

Соотнесите тривиальные названия биологически значимых природных веществ с их систематическими названиями.

В ответе укажите сочетание буквы тривиального названия с соответствующей цифрой систематического названия через тире; между сочетаниями для различных веществ поставьте запятую. Например: А — 1, В — 2, С — 3 и т. д.

Тривиальное название вещества:		Систематическое название:
А. Молочная кислота		1. Пентандиовая кислота
В. Пировиноградная кислота (ПВК)	кислота	2. Бутандиовая кислота
С. Аланин		3. Гександиовая кислота
Д. Щавелевая кислота		4. 2-оксобутандиовая кислота
Е. Щавелевоуксусная кислота (ЩУК)	кислота	5. Этандиовая кислота
Ф. Янтарная кислота		6. Бутендиовая кислота
Г. Глутаровая кислота		7. 2-аминоэтановая кислота
Н. Глицин		8. 2-гидроксипропановая кислота
И. Фумаровая кислота		9. 2-оксопропановая кислота
Ж. Адипиновая кислота		10. 2-аминопропановая кислота

**Ответ:** А — 8, В — 9, С — 10, Д — 5, Е — 4, Ф — 2, Г — 1, Н — 7, И — 6, Ж — 3.

### **Задача 2.2.2.2. Сплавы в современном мире (35 баллов)**

Темы: неорганическая химия, массовая доля вещества в смеси, расчет по уравнению реакции.



### Условие



В современном мире технологии и инженерии сплавы металлов играют важнейшую роль. Эти материалы сочетают свойства различных металлов, создавая уникальные характеристики, которые невозможно достичь с помощью чистых веществ. Сплавы — это не просто комбинации элементов, а инновационные решения для множества проблем, стоящих перед инженерами и учеными. Их использование дает возможность создавать материалы с уникальным набором физико-химических характеристик, что позволяет оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность изделий. Это причина того, почему сплавы так широко распространены в самых разнообразных областях: от строительства до высоких технологий.

Авиаль — группа сплавов системы алюминий-магний-кремний. Название образовано от сокращения словосочетания «авиационный алюминий». Они отличаются высокой пластичностью и удовлетворительной коррозионной стойкостью. Из авиалей изготавливают кованные и штампованные детали сложной формы, например, лопасти винтов вертолетов. Также эти сплавы активно используют для замены нержавеющей стали в корпусах мобильных телефонов.

Для анализа сплава группы «Авиаль», содержащего алюминий, кремний и магний, его образец массой 13,776 г растворили в избытке соляной кислоты, при этом выделился газ объемом 16,9 л (н. у.). Нерастворившийся остаток поместили в раствор гидроксида натрия, при этом выделился газ объемом 268,8 мл (н. у.).

**Задание 1.** (9 баллов) Определите массовую долю кремния в сплаве (в процентах). Число округлите до десятых.

### Решение

В соляной кислоте растворяются металлы алюминий и магний. Нерастворившийся остаток — это кремний.

Кремний растворяется в растворе гидроксида натрия:



По уравнению (2.2.1)  $n(\text{H}_2) = \frac{0,2688 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,012 \text{ моль}$ .

$$n(\text{Si}) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2) = \frac{0,012}{2} \text{ моль} = 0,006 \text{ моль};$$

$$m(\text{Si}) = n \cdot M = 0,006 \cdot 28 = 0,168 \text{ г};$$

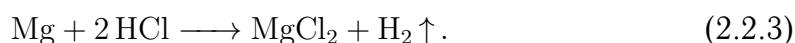
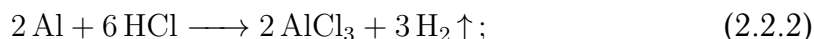
$$\omega(\text{Si}) = \frac{0,168}{13,776} = 0,01219 \text{ или } 1,219 \approx 1,2\%.$$

**Ответ:** 1,2.

**Задание 2.** (13 баллов) Определите массовую долю алюминия в сплаве (в процентах). Число округлите до целых.

### Решение

В соляной кислоте растворяются металлы алюминий и магний. Нерастворившийся остаток — это кремний:



По уравнению (2.2.1)  $n(\text{H}_2) = \frac{0,2688 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,012 \text{ моль}$ .

$$n(\text{Si}) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2) = \frac{0,012}{2} \text{ моль} = 0,006 \text{ моль};$$

$$m(\text{Si}) = n \cdot M = 0,006 \cdot 28 = 0,168 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Si}) = \frac{0,168}{13,776} = 0,01219 \text{ или } 1,219 \approx 1,2\%.$$

Таким образом, масса алюминия и магния составляет:

$$13,776 - 0,168 = 13,608 \text{ г}.$$

По уравнениям (2.2.2), (2.2.3)

$$n(\text{H}_2) = \frac{16,9 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,7545 \text{ моль}.$$

Если  $n(\text{Al}) = x$  моль,  $n(\text{Mg}) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} 27x + 24y = 13,608, \\ 1,5x + y = 0,7545. \end{cases} \quad (2.2.4)$$

$x = 0,5$  моль,  $y = 0,0045$  моль.

$$m(\text{Al}) = n \cdot M = 0,5 \cdot 27 = 13,5 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Al}) = \frac{13,5}{13,776} = 0,9799 \text{ или } 97,99 \approx 98\%.$$

**Ответ:** 98.

**Задание 3.** (13 баллов) Определите массовую долю магния в сплаве (в процентах). Число округлите до десятых.

**Решение**

По уравнению (2.2.3)  $n(\text{H}_2) = \frac{0,2688 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,012 \text{ моль}$ .

$$n(\text{Si}) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2) = \frac{0,012}{2} \text{ моль} = 0,006 \text{ моль};$$

$$m(\text{Si}) = n \cdot M = 0,006 \cdot 28 = 0,168 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Si}) = \frac{0,168}{13,776} = 0,01219 \text{ или } 1,219 \approx 1,2\%.$$

Таким образом, масса алюминия и магния составляет  $13,776 - 0,168 = 13,608 \text{ г}$ .

По уравнениям (2.2.1), (2.2.2)  $n(\text{H}_2) = \frac{16,9 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,7545 \text{ моль}$ .

Если  $n(\text{Al}) = x \text{ моль}$ ,  $n(\text{Mg}) = y \text{ моль}$ , тогда:

$$\begin{cases} 27x + 24y = 13,608, \\ 1,5x + y = 0,7545. \end{cases} \quad (2.2.5)$$

$x = 0,5 \text{ моль}$ ,  $y = 0,0045 \text{ моль}$ .

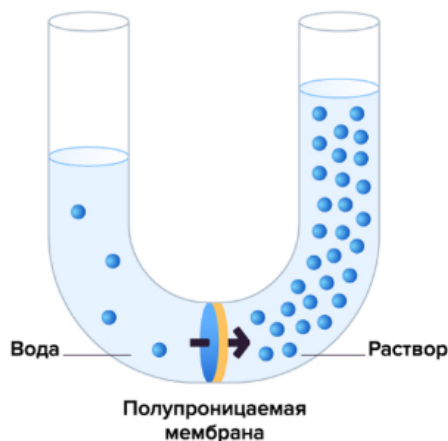
$$m(\text{Mg}) = n \cdot M = 0,0045 \cdot 24 = 0,108 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Mg}) = \frac{0,108}{13,776} = 0,0078 \text{ или } 0,78 \approx 0,8\%.$$

**Ответ:** 0,8.

**Задача 2.2.2.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Пores полупроницаемой

мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.

Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Осмос помогает растениям расти и всасывать воду корневой системой — поскольку в клеточном соке концентрация солей и сахаров выше, чем в почвенном растворе. Это важно учитывать при внесении удобрений — если осмотическое давление почвенного раствора станет слишком большим, поступление воды в растение прекратится, и оно погибнет (например, как в засоленных почвах).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте осмотическое давление раствора удобрения (300 г мочевины в 10 л воды) при температуре 25 °С. Ответ приведите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### **Решение**

Количество вещества мочевины:

$$n(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{m(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{M} = \frac{300}{16 \cdot 2 + 28} = 5,0 \text{ моль},$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{n(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{V} = \frac{5,0}{10} = 0,5 \text{ моль/л}.$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 0,5 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25) = 1\,239$  кПа.

**Ответ:** 1 239. Диапазон 1 235–1 243.

**Задание 2.** (7 баллов) В медицине в терапевтических целях иногда используют гипертонические растворы — растворы, осмотическое давление которых превышает давление плазмы крови — в такой среде вода выходит через мембрану из клетки, и клетка сжимается. Гипертонический раствор хлорида натрия применяют для снятия отека в офтальмологии, как осмотический диуретик, для коррекции состояния систем организма при операциях и в реанимационных целях.



Рассчитайте массовую долю хлорида натрия в разбавленном растворе, осмотическое давление которого при температуре 37 °С составляет 9472 кПа (плотность примите  $\rho = 1075$  г/л). Ответ приведите в процентах с точностью до десятых.

### Решение

Рассчитаем концентрацию частиц в растворе, исходя из величины осмотического давления:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{9472}{8,314 \cdot (273 + 37)} = 3,68 \text{ моль/л.}$$

Хлорид натрия — электролит, диссоциирующий в растворе на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Поскольку точная степень диссоциации в информации не указана, а раствор является разбавленным, ее можно принять равной 100%.

Тогда концентрация хлорида натрия составляет:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{C}{2} = \frac{3,68}{2} = 1,84 \text{ моль/л,}$$

а масса соли в 1 л раствора равна

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M = C(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M = 1,84 \cdot 1 \cdot (23 + 35,5) = 107,64 \text{ г.}$$

Массовая доля в растворе

$$\omega = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{107,64}{1 \cdot 1075} \cdot 100 = 10,0\%.$$

**Ответ:** 10,0. Диапазон 9,7–10,3.

**Задание 3.** (7 баллов) Измерение осмотического давления является одним из распространенных методов определения молекулярной массы полимера, влияющей на его свойства. Например, поливинилхлорид с высокой молекулярной массой обладает более высокой твердостью, эластичностью и температурой стеклования, при меньшей растворимости в органических растворителях. Мембранный осмометр основан на измерении разности давлений — например, по разности высот в капиллярах раствора и растворителя, поскольку гидростатическое давление уравнивает осмотическое.

Установите молекулярную массу поливинилхлорида в килограммах на моль (кг/моль) с точностью до десятых, если разность высот жидкости в осмометре для его раствора в циклогексане, содержащего 2,5 г в 250 мл раствора, составляет 1,97 см при 25 °С. Плотность циклогексана и раствора 779 кг/м<sup>3</sup>.

**Решение**

Гидростатическое давление столба жидкости уравнивает осмотическое давление, для удобства расчета используем единицы измерения системы СИ:

$$\pi = CRT = \rho g \Delta h = 779 \cdot 9,8 \cdot (1,97 \cdot 10^{-2}) = 148 \text{ Па.}$$

Молярная концентрация раствора полимера составляет

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{148}{8,314 \cdot (273 + 25)} = 0,0598 \text{ моль/м}^3,$$

то есть количество вещества полимера

$$n = CV = 0,0598 \cdot \frac{0,25}{1000} = 0,015 \text{ ммоль.}$$

Тогда молекулярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{2,5}{0,015} = 166,7 \text{ кг/моль.}$$

**Ответ:** 166,7. Диапазон 162,0–172,0.

**Задача 2.2.2.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.

**Условие**

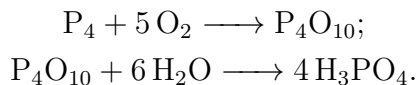
Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

**Задание 1.** (8 баллов) Рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать при нормальных условиях в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, если известно, что расход образующегося в башне 75%-го раствора фосфорной кислоты составляет 3 000 кг/ч. Ответ приведите в кубических метрах. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

**Решение**

Запишем уравнения происходящих реакций:



Масса фосфорной кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m_{\text{р-ра}} \omega_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 3\,000 \cdot 0,75 = 2\,250 \text{ кг/ч.}$$

Количество вещества фосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M} = \frac{2\,250}{3 + 31 + 16 \cdot 4} = 22,96 \text{ кмоль/ч,}$$

что соответствует расчетному количеству вещества кислорода

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4} n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{5}{4} 22,96 = 28,70 \text{ кмоль/ч,} \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2 n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 28,70 = 57,40 \text{ кмоль/ч.} \end{aligned}$$

Объем кислорода

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2) V_0 = 57,40 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 1\,285\,714 \text{ л,}$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{1\,285\,714}{0,21 \cdot 1\,000} = 6\,122 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 6 122. Диапазон 5 800–6 500.

**Задание 2.** (8 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. При стандартных условиях рассчитайте теплоту, которая выделяется в ходе проходящих реакций при образовании указанного в задании 1 количества фосфорной кислоты, используя данные таблицы. Ответ выразите в мегаджоулях (МДж) с точностью до целых.

Вещество	$\text{P}_4\text{O}_{10(\text{ТВ})}$	$\text{H}_3\text{PO}_{4(\text{Ж})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})}$
Теплота образования, кДж/моль	2 984,03	1 266,90	285,83

**Решение**

В соответствии со следствием из закона Г. И. Гесса теплоту каждой из протекающих реакций можно выразить как разность между суммами теплот образования продуктов и реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned} \Delta_r Q &= \sum n_i Q_f(\text{прод}) - \sum n_j Q_f(\text{реаг}); \\ \Delta_{r1} Q &= Q_f(\text{P}_4 \text{O}_{10(\text{ТВ})}) - Q_f(\text{P}_{4(\text{ТВ})}) - 5 Q_f(\text{O}_{2(\text{Г})}); \\ \Delta_{r2} Q &= 4 Q_f(\text{H}_3\text{PO}_{4(\text{Ж})}) - 6 Q_f(\text{H}_2 \text{O}_{(\text{Ж})}) - Q_f(\text{P}_4 \text{O}_{10(\text{ТВ})}). \end{aligned}$$

С учетом того, что теплоты образования простых веществ равны нулю, получим:

$$\begin{aligned}\Delta_{r1}Q &= 2984,03 \text{ кДж/моль}, \\ \Delta_{r2}Q &= 4 \cdot 1\,266,90 - 6 \cdot 285,83 - 2\,984,03 = 368,59 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

В расчете на 4 моль фосфорной кислоты

$$Q_R = \Delta_{r1}Q + \Delta_{r2}Q = 3\,352,62 \text{ кДж/моль}.$$

Тогда

$$Q = Q_R \cdot \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{4} = 3\,352,62 \cdot \frac{22,96}{4} = 19\,243 \text{ МДж}.$$

**Ответ:** 19 243. Диапазон 19 200–19 280.

**Задание 3.** (9 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта.

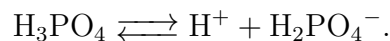
Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте  $pH$  с точностью до десятых 0,5 моль/л раствора фосфорной кислоты, если известно, что константа диссоциации кислоты по первой ступени составляет  $7,52 \cdot 10^{-3}$ , а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь.

### **Решение**

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Выражение для константы диссоциации:

$$K_I = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]},$$



где в квадратных скобках указаны равновесные концентрации.

Тогда

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{H}^+], [\text{H}_3\text{PO}_4] = C_0 - [\text{H}^+];$$

$$K_I = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0 - [\text{H}^+]} = 7,52 \cdot 10^{-3}.$$

Решение уравнения при  $C_0 = 0,5$  моль/л позволяет найти

$$[\text{H}^+] = 0,058 \text{ моль/л},$$

откуда

$$pH = -\lg([\text{H}^+]) \approx 1,2.$$

**Ответ:** 1,2.

### ***Задача 2.2.2.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)***

*Тема: химики России.*

#### **Условие**

#### **Врач, геолог, химик, педагог...**

Этот ученый отличался разносторонностью своих интересов. Поступил на медицинский факультет в Дерптском университете, чтобы иметь возможность изучать химию. В начале своей научной деятельности в Иркутске одновременно с врачебной практикой проводил химические и минералогические исследования — изучал химический состав минеральных вод и минералов, в том числе открытых им в экспедициях по Уралу и Сибири. Его рвение в химии было отмечено, по приглашению Академии наук он возвратился в Петербург, чтобы посвятить свою жизнь именно этой науке. Активно занимался вопросами методики преподавания химии; учебник «Основания чистой химии», выпущенный им, произвел фурор в академическом обществе и выдержал семь изданий. Педагогический талант химика был отмечен весьма высоко — ему выпала честь обучать естественным наукам наследника русского престола, будущего императора Александра II.

Мировую известность этому химику принесло открытие закона, который имеет большое значение не только в химии, но и в инженерии для эффективного проектирования и оптимизации всевозможных систем и устройств, так как позволяет рассчитать теплоту химических процессов, не проводя их! Этот закон имеет применение и в медицине, как теоретическая основа определения калорийности продуктов питания.

Назовите этого ученого:

- А. Александр Ерминингельдович Арбузов;
- В. Александр Михайлович Бутлеров;
- С. Федор Федорович Бейльштейн;
- Д. Александр Порфирьевич Бородин;

- Е. Герман Иванович Гесс;  
F. Дмитрий Иванович Менделеев;  
G. Сергей Васильевич Лебедев;  
H. Юрий Анатольевич Овчинников;  
I. Игорь Михайлович Скурихин;  
J. Михаил Семенович Цвет.

**Ответ:** Е.

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

Задачи второй волны предметного тура по химии за 8–9 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63468/enter/>.

#### ***Задача 2.2.3.1. Дождь по заказу (20 баллов)***

*Темы: неорганическая химия, количество вещества, молярный объем.*

##### ***Условие***

В древности во времена засухи люди использовали любые методы, чтобы вызвать дождь — приносили в жертву животных, пели песни, читали заклинания и проводили обряды. Неудивительно, ведь засуха означала отсутствие урожая и голодную смерть в скором будущем. Но сегодня у ученых есть сразу несколько методов для создания искусственного дождя.

Искусственный дождь или «посев облаков» — это целенаправленное производство дождя. Для создания облаков используются химические вещества, которые могут быть сброшены с самолетов или наземных систем рассеивания, таких как генераторы или канистры, выпущенные ракетами или зенитным оружием. Наиболее часто используемые химикаты для создания облаков — это сухой лед (твердый диоксид углерода) и йодид серебра. В Дубае регулярно идет искусственный дождь, который запускается при помощи беспилотников. О таком дожде власти предупреждают заранее. В России осадки, вызванные искусственным способом, используют при тушении крупных лесных пожаров.



**Задание 1.** (5 баллов) Какой объем (в литрах) газообразного  $\text{CO}_2$  (н. у.) необходим для получения 22 кг сухого льда? Ответ округлите до целых.

**Решение**

Определяем количество вещества, а затем объем  $\text{CO}_2$ :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{22\,000}{44} = 500 \text{ моль};$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_M = 500 \cdot 22,4 = 11\,200 \text{ л.}$$

**Ответ:** 11 200.

**Задание 2.** (5 баллов) Какой объем (в кубических метрах) займет 22 кг газообразного  $\text{CO}_2$  при температуре  $28^\circ\text{C}$  и давлении 750 мм рт. ст? Ответ округлите до десятых.

**Решение**

Пересчет объема газа при изменении условий (температуры и давления) можно производить по формуле объединенного газового закона Бойля – Мариотта и Гей-Люссака:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p_0 \cdot V_0}{T_0},$$

где  $p_0$ ,  $T_0$ ,  $V_0$  — давление, температура и объем при нормальных условиях.

$$V(\text{CO}_2) = \frac{760 \cdot 11\,200 \cdot 301}{750 \cdot 273} = 12\,513 \text{ л или } 12,5 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 12,5.

**Задание 3.** (5 баллов) Какой объем (в литрах) занимает 22 кг сухого льда, если его плотность составляет  $1,561 \text{ г/см}^3$ ? Ответ округлите до целых.

**Решение**

Объем сухого льда, представляющего собой твердое вещество, определяем через его плотность:

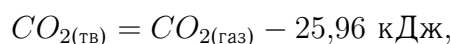
$$V(\text{CO}_2)_{(\text{ТВ})} = \frac{m}{\rho} = \frac{22\,000}{1,561} = 14\,093 \text{ см}^3 \text{ или } 14 \text{ л.}$$

**Ответ:** 14.

**Задание 4.** (5 баллов) Какое количество теплоты поглотится при возгонке 1 кг сухого льда, если тепловой эффект реакции возгонки составляет 25,96 кДж/моль? Ответ выразите килоджоулях (кДж) и округлите до целых.

**Решение**

Исходя из термохимического уравнения:



количество теплоты на один кг составляет:

$$\frac{1\,000 \cdot 25,96}{44} = 590 \text{ кДж.}$$

**Ответ:** 590.

**Задача 2.2.3.2. Питание для растений (25 баллов)**

*Темы: смеси веществ, массовая доля, количество вещества.*

**Условие**

Аммофос — это комплексное удобрение, источник важнейших веществ для питания растений, в составе которого есть азот с фосфором. Эти водорастворимые компоненты очень важны для жизнедеятельности растений. Химическая формула удобрения —  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Азот отвечает за быстрый рост, а фосфор — за развитие корневой системы. Обеспечивая растения азотом и фосфором, аммофос способствует наращиванию зеленой массы, развитию и укреплению корневой системы. Это удобрение позволяет повысить урожайность и иммунитет растений, устойчивость к стрессам, вызванным колебаниями температуры. Кроме того, подкормки аммофосом приводят к увеличению клетчатки и белков в овощах и злаках, продлевают сроки хранения.

**Задание 1.** (15 баллов) В некоторой смеси дигидрофосфата аммония и гидрофосфата аммония число атомов азота  $6,02 \cdot 10^{23}$ , а число атомов фосфора —  $5,418 \cdot 10^{23}$ . Вычислите массу смеси (в граммах). Ответ округлите до десятых.

**Решение**

Определим количество вещества атомов азота и фосфора:

$$n(\text{N}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1 \text{ моль};$$

$$n(\text{P}) = \frac{5,418 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,9 \text{ моль}.$$

Если  $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = x$  моль, а  $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} x + 2y = 1, \\ x + y = 0,9. \end{cases} \quad (2.2.6)$$

$x = 0,8$  моль,  $y = 0,1$  моль.

$$m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n \cdot M = 0,8 \cdot 115 = 92 \text{ г};$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,1 \cdot 132 = 13,2 \text{ г}$$

$$m(\text{смеси}) = 92 + 13,2 = 105,2 \text{ г}.$$

**Ответ:** 105,2.

**Задание 2.** (5 баллов) В некоторой смеси дигидрофосфата аммония и гидрофосфата аммония число атомов азота  $6,02 \cdot 10^{23}$ , а число атомов фосфора —  $5,418 \cdot 10^{23}$ . Вычислите массовую долю дигидрофосфата аммония в смеси (в процентах по массе). Ответ округлите до целых.

**Решение**

Определим количество вещества атомов азота и фосфора:

$$n(\text{N}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1 \text{ моль};$$

$$n(\text{P}) = \frac{5,418 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,9 \text{ моль}.$$

Если  $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = x$  моль, а  $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} x + 2y = 1, \\ x + y = 0,9. \end{cases} \quad (2.2.7)$$

$x = 0,8$  моль,  $y = 0,1$  моль.

$$m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n \cdot M = 0,8 \cdot 115 = 92 \text{ г};$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,1 \cdot 132 = 13,2 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 92 + 13,2 = 105,2 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = \frac{92}{105,2} = 0,8745 \text{ или } 87,45\% \approx 87\%.$$

**Ответ:** 87. Диапазон 87–88.

**Задание 3.** (5 баллов) В некоторой смеси дигидрофосфата аммония и гидрофосфата аммония число атомов азота  $6,02 \cdot 10^{23}$ , а число атомов фосфора —  $5,418 \cdot 10^{23}$ . Вычислите массовую долю гидрофосфата аммония в смеси (в процентах по массе). Ответ округлите до целых.

**Решение**

Определим количество вещества атомов азота и фосфора:

$$n(\text{N}) = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1 \text{ моль};$$

$$n(\text{P}) = \frac{5,418 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,9 \text{ моль}.$$

Если  $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = x$  моль, а  $n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} x + 2y = 1, \\ x + y = 0,9. \end{cases} \quad (2.2.8)$$

$x = 0,8$  моль,  $y = 0,1$  моль.

$$m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = n \cdot M = 0,8 \cdot 115 = 92 \text{ г};$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,1 \cdot 132 = 13,2 \text{ г};$$

$$m(\text{смеси}) = 92 + 13,2 = 105,2 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = \frac{13,2}{105,2} = 0,1254 \text{ или } 12,54\% \approx 13\%.$$

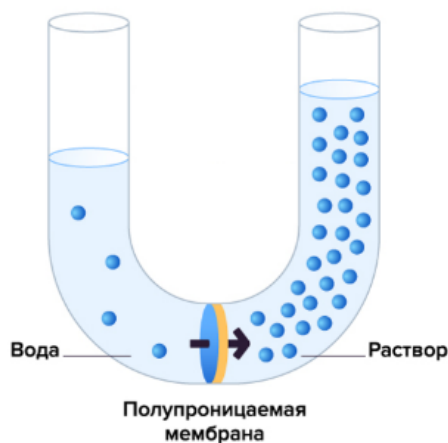
**Ответ:** 13. Диапазон 12–13.

**Задача 2.2.3.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Поры полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.



Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Но осмос значим и в быту: с древности с его помощью консервировали пищу — в соленой среде вода вытекает из клеток, что приводит к сморщиванию (весь материал внутри клетки отслаивается от клеточной стенки) и потере жизнедеятельности микроорганизмов (этот процесс называют плазмолизом).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте массу поваренной соли, необходимую для приготовления 2,0 л рассола для засаливания огурцов (плотность  $\rho = 1\,027$  г/л), массовая доля соли в котором составляет 4,5%. Ответ приведите в граммах с точностью до десятых.

### **Решение**

Рассчитаем массу раствора

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,027 \cdot 2,0 = 2\,054 \text{ г.}$$

Масса соли составляет:

$$m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ра}} \omega(\text{NaCl}) = 2\,054 \cdot 0,045 = 92,4 \text{ г.}$$

**Ответ:** 92,4. Диапазон 92–93.

**Задание 2.** (7 баллов) Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:  $\pi = CRT$ , где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.



В терапевтических целях иногда используют гипертонические растворы — растворы, осмотическое давление которых превышает давление плазмы крови — в такой среде вода выходит через мембрану из клетки, и клетка сжимается.

Гипертонический 20%-й раствор глюкозы вводят при внутричерепном кровоизлиянии, гипогликемии, заболеваниях печени для улучшения антитоксической функции печени, стимулирования процесса обмена веществ и расширения сосудов, а также в качестве источника углеводов.

Рассчитайте величину осмотического давления 20%-го водного раствора глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) при температуре 37 °С (плотность  $\rho = 1\,080$  г/л). Ответ выразите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### Решение

Рассчитаем массу 1 л раствора

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,080 \cdot 1,0 = 1\,080 \text{ г.}$$

Масса глюкозы составляет

$$m(C_6H_{12}O_6) = m_{\text{р-ра}} \omega(C_6H_{12}O_6) = 1\,080 \cdot 0,20 = 216 \text{ г.}$$

Количество вещества глюкозы

$$n(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{216}{6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16} = 1,2 \text{ моль,}$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(C_6H_{12}O_6) = \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{V} = \frac{1,2}{1} = 1,2 \text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление

$$\pi = CRT = 1,2 \cdot 8,314 \cdot (273 + 37) = 3\,092,8 \text{ кПа.}$$

**Ответ:** 3 093. Диапазон 3 070–3 110.

**Задание 3.** (7 баллов) Водные растворы полимера поливинилпирролидона (повидон, препарат «Гемодез») вводят внутривенно для связывания токсинов, циркулирующих в крови и быстрого выведения их из организма, усиления почечного кровотока при шоке, заболеваниях печени, сепсисе и пневмонии. Осмотическое давление раствора полимера мало, поэтому в состав также включают неорганические соли, чтобы сделать раствор препарата изотоничным крови.

Установите молярную массу поливинилпирролидона, если осмотическое давление раствора, содержащего 0,6 г полимера в 100 мл раствора, составляет 1,731 кПа при 22 °С. Ответ выразите в граммах на моль (г/моль) с точностью до целых.

### Решение

Молярная концентрация раствора полимера

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{1,731}{8,314 \cdot (273 + 22)} = 0,71 \text{ ммоль/л,}$$



то есть количество вещества полимера  $n = CV = 0,71 \cdot 0,1 = 0,071$  ммоль.

Тогда молярная масса  $M = \frac{m}{n} = \frac{0,6}{0,071} \cdot 1\,000 = 8\,499$  г/моль.

**Ответ:** 8 499. Диапазон 8 300–8 700.

### **Задача 2.2.3.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

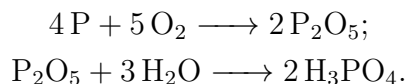
*Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.*

#### **Условие**

Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

Этот процесс упрощенно можно описать следующими реакциями:



#### **Задание 1. (7 баллов)**

При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, содержащего 0,9% негорючих примесей (расход фосфора 2 450 кг/ч). Ответ выразите в кубических метрах. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

#### **Решение**

В расчете на один час количество вещества фосфора составляет

$$n(\text{P}) = \frac{m}{M} = \frac{2\,450 \cdot 0,995}{31} = 78,32 \text{ кмоль},$$

тогда

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4}n(\text{P}) = 97,90 \text{ кмоль}; \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 97,90 = 195,80 \text{ кмоль}. \end{aligned}$$

Объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2)V_0 = 195,80 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 4\,385\,974 \text{ л},$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{4\,385\,974}{0,21 \cdot 1\,000} = 20\,886 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 20 886. Диапазон 19 840–21 932.

**Задание 2.** (6 баллов) Рассчитайте массу 75%-го раствора фосфорной кислоты, образующегося в башне. Ответ приведите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых.

### Решение

Количество вещества фосфорной кислоты соответствует количеству фосфора

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{P}) = 78,32 \text{ кмоль/ч},$$

тогда:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4)M = 78,32 \cdot (3 + 31 + 16 \cdot 4) = 7\,675,36 \text{ кг/ч};$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\omega(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{7\,675,36}{0,75} = 10\,234 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 10 234. Диапазон 10 230–10 238.

**Задание 3.** (6 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. Рассчитайте массу угля, содержащего 7% негорючих примесей, которую удастся сэкономить при полном использовании тепла сгорания фосфора. Ответ выразите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых. Теплота сгорания белого фосфора в указанных условиях составляет 1 764 кДж/моль, углерода 394 кДж/моль.

### Решение

Количество теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, составляет

$$Q = Q_P n(\text{P}) = 78,32 \cdot 1\,764 = 138\,156 \text{ МДж/ч},$$

тогда

$$n(\text{C}) = \frac{Q}{Q_C} = \frac{138\,156 \cdot 1\,000}{394} = 350\,650 \text{ моль/ч};$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C})M = 350\,650 \cdot 12 = 4\,208 \text{ кг/ч};$$

$$m_{\text{уголь}} = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{4\,208}{0,93} = 4\,524 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 4 524. Диапазон 4 490–4 558.

**Задание 4.** (6 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует

размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте концентрацию ионов водорода в 0,005 моль/л растворе фосфорной кислоты, если известно, что степень диссоциации кислоты по первой ступени составляет 69%, а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь. Ответ выразите в миллимоль на литр (ммоль/л) с точностью до десятых.

### **Решение**

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Степень диссоциации представляет собой отношение количества вещества, распавшегося на ионы, к общему количеству растворенного вещества:

$$\alpha_I = \frac{n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{n_0(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

В расчете на 1 л раствора  $n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV = 0,005 \cdot 1 = 0,005$  моль,

$$\begin{aligned} n(\text{H}^+) = n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) &= \alpha_I n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,69 \cdot 0,005 = \\ &= 0,0034 \text{ моль} = 3,4 \text{ ммоль}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 3,4.

### **Задача 2.2.3.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)**

Тема: химики России.

### Условие

Этот выдающийся ученый начинал как математик и физик: степень кандидата он получил в Казанском университете за сочинение о законах движения планет и других небесных тел. Химией он стал заниматься по настоянию своего наставника и ректора университета Н. Н. Лобачевского. Так зарождалась Казанская химическая школа.

Будучи мастером органического синтеза, этот исследователь впервые осуществил реакцию бензоиновой конденсации и бензидиновую перегруппировку, получил «летучее горчичное масло» и разработал метод замещения атомов галогенов в органических соединениях водородом. Примечательно, что этот ученый был учителем химии А. Нобеля и даже внес свой вклад в применение нитроглицерина в качестве взрывчатого вещества. Однако мировую известность ему принесло открытие реакции превращения ароматических нитросоединений в аминосоединения, впоследствии названной его именем. Эта реакция позволила получить «бензидам», известный нам как анилин, и впоследствии положила начало промышленному синтезу многочисленных продуктов его превращений. В наши дни из анилина получают красители, лекарственные и взрывчатые вещества, а также полиуретаны. Научные заслуги признаны химиками всего мира. Знаменитый немецкий ученый А. В. Гофман скажет: «Если бы ... не сделал ничего более, кроме превращения нитробензола в анилин, то и тогда его имя осталось бы записанным золотыми буквами в истории химии».

Помимо науки этот академик активно занимался организационной и общественной работой, способствуя развитию органической химии, был одним из организаторов Русского химического общества и первым его президентом. Среди его учеников А. М. Бутлеров, Н. Н. Бекетов, А. П. Бородин, А. Н. Энгельгардт, Л. Н. Шишков. Впоследствии Бутлеров отметит: «Имя ... будут всегда чтить те, которым дороги и близки к сердцу успехи и величие науки в России».

Назовите этого ученого:

- А. Александр Павлович Виноградов;
- В. Александр Михайлович Зайцев;
- С. Николай Дмитриевич Зелинский;
- Д. Карл Карлович Клаус;
- Е. Николай Александрович Меншуткин;
- Г. Сергей Васильевич Лебедев;
- Г. Николай Николаевич Зинин;
- Н. Владимир Васильевич Марковников;
- И. Дмитрий Иванович Менделеев;
- Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

**Ответ:** Г.

## 2.2.4. Вторая волна. Задачи 10–11 класса

Задачи второй волны предметного тура по химии за 10–11 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contes>

[t.yandex.ru/contest/63485/enter/](https://t.yandex.ru/contest/63485/enter/).

### **Задача 2.2.4.1. Дождь по заказу (30 баллов)**

Темы: неорганическая химия, массовая доля вещества, расчет по уравнению реакции.

#### **Условие**

В древности во времена засухи люди использовали любые методы, чтобы вызвать дождь — приносили в жертву животных, пели песни, читали заклинания и проводили обряды. Неудивительно, ведь засуха означала отсутствие урожая и голодную смерть в скором будущем. Но сегодня у ученых есть сразу несколько методов для создания искусственного дождя.

Искусственный дождь или «посев облаков» — это целенаправленное производство дождя. Для создания облаков используются химические вещества, которые могут быть сброшены с самолетов или наземных систем рассеивания, таких как генераторы или канистры, выпущенные ракетами или зенитным оружием. Наиболее часто используемые химикаты для создания облаков — это сухой лед (твердый диоксид углерода) и йодид серебра. В Дубае регулярно идет искусственный дождь, который запускается при помощи беспилотников. О таком дожде власти предупреждают заранее. В России осадки, вызванные искусственным способом, используют при тушении крупных лесных пожаров.

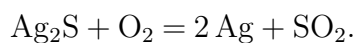


Для получения иодида серебра образец аргентита (серебросодержащего минерала, представляющий собой модификации сульфида серебра) сначала подвергли обжигу для удаления серы. Остаток поместили в 35%-й раствор азотной кислоты массой 90 г, при этом выделилось 2,24 л газа, нерастворимого в воде, а осадок растворился полностью.

**Задание 1.** (5 баллов) Определите относительную плотность газа по водороду, выделившегося при обработке обожженного остатка руды 35%-й азотной кислотой. Ответ округлите до целых.

**Решение**

При обжиге сульфида серебра образуется не оксид металла, а сам металл (так как оксид термически неустойчив):



Газ, образующийся при обработке серебра 35%-й азотной кислотой, — NO:



Относительная плотность NO по водороду составляет:

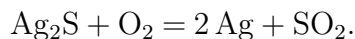
$$D_{\text{H}_2} = \frac{M(\text{NO})}{M(\text{H}_2)} = \frac{30}{2} = 15.$$

**Ответ:** 15.

**Задание 2.** (5 баллов) Какая масса образца аргентита была взята для получения йодида серебра по данному условию? Ответ округлите до десятых.

**Решение**

При обжиге сульфида серебра образуется не оксид металла, а сам металл (так как оксид термически неустойчив):



Газ, образующийся при обработке серебра 35%-й азотной кислотой, — NO:



$$n(\text{NO}) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Ag}) = 3 \cdot n(\text{NO}) = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{Ag}_2\text{S}) = \frac{1}{2}n(\text{Ag}) = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 248 = 37,2 \text{ г}.$$

**Ответ:** 37,2.

**Задание 3.** (5 баллов) После завершения реакции к полученному раствору добавили 415 г 15%-го раствора йодида калия, при этом, помимо выпадения осадка, наблюдали выделение бесцветного газа. Определите массу образовавшегося йодида серебра в граммах. Ответ округлите до десятых.

**Решение**

При обжиге сульфида серебра образуется не оксид металла, а сам металл (так как оксид термически неустойчив):



Газ, образующийся при обработке серебра 35% азотной кислотой — NO:



$$n(\text{NO}) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Ag}) = 3 \cdot n(\text{NO}) = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{Ag}_2\text{S}) = \frac{1}{2}n(\text{Ag}) = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 248 = 37,2 \text{ г}.$$

По уравнению (2.2.10):

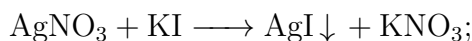
$$n(\text{HNO}_3) = 4 \cdot n(\text{NO}) = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ моль}.$$

В исходном растворе:

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{90 \cdot 0,35}{63} = 0,5 \text{ моль} — \text{ в избытке}.$$

$$n(\text{HNO}_3)_{\text{непрор.}} = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ моль}.$$

При добавлении к раствору, полученному растворением серебра в азотной кислоте, раствора иодида калия образуется иодид серебра:



$$n(\text{KI}) = \frac{415 \cdot 0,15}{166} = 0,375 \text{ моль} — \text{ в избытке};$$

$$n(\text{AgI}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль};$$

$$m(\text{AgI}) = n \cdot M = 0,3 \cdot 235 = 70,5 \text{ г}.$$

**Ответ:** 70,5.

**Задание 4.** (15 баллов) После завершения реакции к полученному раствору добавили 415 г 15%-го раствора йодида калия, при этом, помимо выпадения осадка, наблюдали выделение бесцветного газа. Определите массовую долю вещества в процентах в конечном растворе после отделения всех нерастворимых веществ. Ответ округлите до сотых.

### Решение

При обжиге сульфида серебра образуется не оксид металла, а сам металл (так как оксид термически неустойчив), получаем (2.2.9).

Газ, образующийся при обработке серебра 35%-й азотной кислотой, — NO, получаем (2.2.10):

$$n(\text{NO}) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Ag}) = 3 \cdot n(\text{NO}) = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{Ag}_2\text{S}) = \frac{1}{2}n(\text{Ag}) = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{Ag}_2\text{S}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 248 = 37,2 \text{ г}.$$

По уравнению 2.2.10:

$$n(\text{HNO}_3) = 4 \cdot n(\text{NO}) = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ моль.}$$

В исходном растворе:

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{90 \cdot 0,35}{63} = 0,5 \text{ моль — в избытке;}$$

$$n(\text{HNO}_3)_{\text{непрор.}} = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ моль.}$$

При добавлении к раствору, полученному растворением серебра в азотной кислоте, раствора иодида калия образуется иодид серебра:

$$\text{AgNO}_3 + \text{KI} \longrightarrow \text{AgI} \downarrow + \text{KNO}_3;$$

$$n(\text{KI}) = \frac{415 \cdot 0,15}{166} = 0,375 \text{ моль — в избытке;}$$

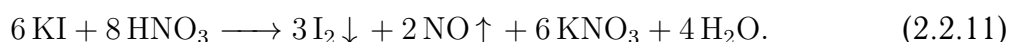
$$n(\text{AgI}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль;}$$

$$m(\text{AgI}) = n \cdot M = 0,3 \cdot 235 = 70,5 \text{ г;}$$

$$n(\text{KI})_{\text{прореаг}} = n(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль;}$$

$$n(\text{KI})_{\text{непрореаг}} = 0,3 - 0,375 = 0,075 \text{ моль.}$$

Выделение бесцветного газа при добавлении раствора иодида калия объясняется его взаимодействием с азотной кислотой, оставшейся в растворе:



$$n(\text{KI})_{\text{прореаг}} = n(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль;}$$

$$n(\text{KI})_{\text{непрореаг}} = 0,3 - 0,375 = 0,075 \text{ моль;}$$

$$n(\text{HNO}_3)_{\text{непрореаг}} = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ моль.}$$

В уравнении (2.2.11) реагенты провзаимодействовали полностью, т. о. в конечном растворе содержится только нитрат калия.

$$n(\text{KNO}_3) = 0,3 + 0,075 = 0,375 \text{ моль;}$$

$$m(\text{KNO}_3) = n \cdot M = 0,375 \cdot 101 = 37,875 \text{ г;}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{Ag}) + m(\text{р-ра HNO}_3) - m(\text{NO})_{\text{по(2.2.10)}} + m(\text{р-ра KI}) - m(\text{AgI}) -$$

$$- m(\text{I}_2) - m(\text{NO})_{\text{по (2.2.11)}} = 0,3 \cdot 108 + 90 + 415 - 70,5 - 254 \cdot 0,0375 -$$

$$- 30 \cdot (0,1 + 0,025) = 453,625 \text{ г;}$$

$$\omega(\text{KNO}_3) = \frac{37,875}{453,625} = 0,08349 \text{ или } 8,35\%.$$

**Ответ:** 8,35.

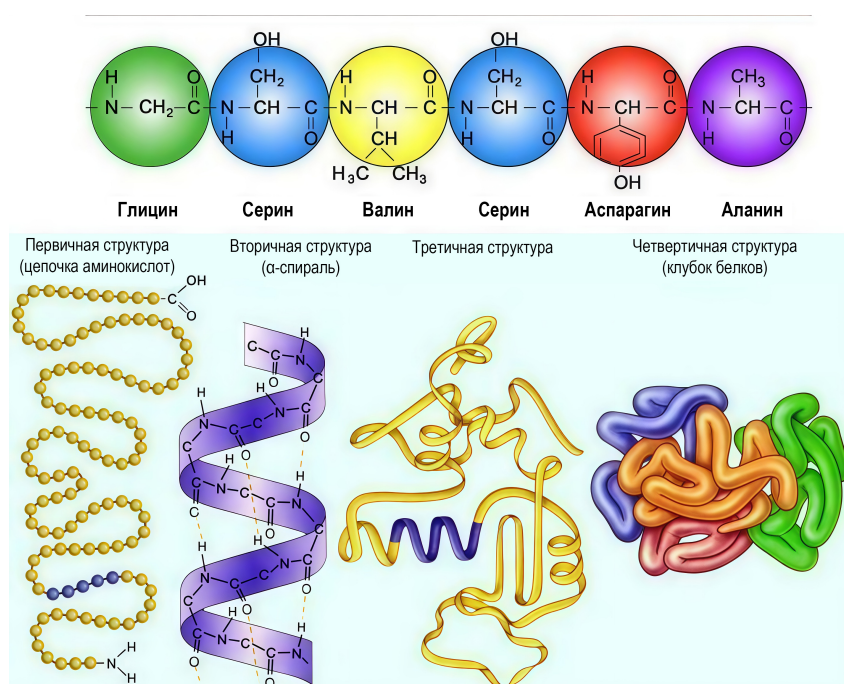
### **Задача 2.2.4.2. Аминокислоты — «кирпичики» белковых молекул (15 баллов)**

*Темы: органическая химия, массовая доля элемента, биохимия.*



## Условие

В живых организмах белки играют важнейшую роль среди макромолекул, обеспечивая множество жизненно важных функций. Основатель русской биохимической школы Александр Яковлевич Данилевский в 1888 году впервые высказал предположение о наличии в молекуле белка связи –NH–CO–, которая позднее получила название пептидной связи. В 1902 году немецкий химик Эмиль Фишер сформулировал полипептидную теорию строения белка, согласно которой белки — это гигантские полипептидные цепи, состоящие из  $\alpha$ -аминокислот. В настоящее время известны порядка 300 аминокислот, однако в образовании природных белков участвуют только 20 из них, которые называются белокобразующими.



Последовательность этих аминокислот определяет уникальные свойства каждого белка. Некоторые аминокислоты могут быть синтезированы в организме, в то время как другие являются незаменимыми и должны поступать с пищей. Содержание белка в растениях считается важным показателем качества сельскохозяйственной продукции. Высокое содержание белка указывает на питательную ценность растения и способность обеспечивать необходимые аминокислоты для организма человека и животных.

**Задание 1.** (5 баллов) Некоторая белокобразующая аминокислота содержит 64,71% углерода, 5,88% водорода, 15,69% кислорода. Определите молекулярную формулу аминокислоты. Запишите ее в формате  $C_1H_2O_3N_4$ .

## Решение

$$\begin{aligned}\omega(N) &= 100 - 64,71 - 5,88 - 15,69 = 13,72\%; \\ n(C) : n(H) : n(O) : n(N) &= \frac{64,71}{12} : \frac{5,88}{1} : \frac{15,69}{16} : \frac{13,72}{14} = \\ &= 5,3925 : 5,88 : 0,98 : 0,98 = 11 : 12 : 2 : 2.\end{aligned}$$

Молекулярная формула аминокислоты —  $C_{11}H_{12}O_2N_2$ .

**Ответ:**  $C_{11}H_{12}O_2N_2$ .

**Задание 2.** (5 баллов) Некоторая белокобразующая аминокислота содержит 64,71% углерода, 5,88% водорода, 15,69 % кислорода. Запишите тривиальное название данной аминокислоты (строчными буквами).

**Решение**

$$\begin{aligned}\omega(N) &= 100 - 64,71 - 5,88 - 15,69 = 13,72\%; \\ n(C) : n(H) : n(O) : n(N) &= \frac{64,71}{12} : \frac{5,88}{1} : \frac{15,69}{16} : \frac{13,72}{14} = \\ &= 5,3925 : 5,88 : 0,98 : 0,98 = 11 : 12 : 2 : 2.\end{aligned}$$

Молекулярная формула аминокислоты —  $C_{11}H_{12}O_2N_2$ .

Это триптофан, ароматическая аминокислота, имеет структурную формулу, представленную на рис. 2.2.1.

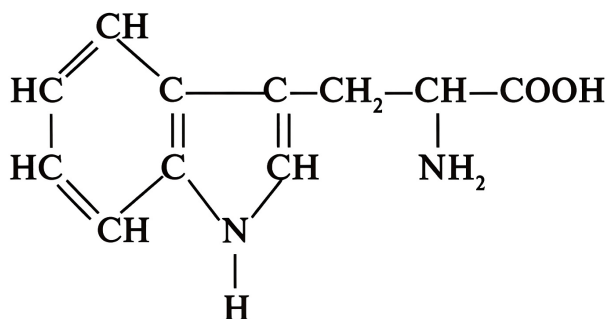


Рис. 2.2.1

**Ответ:** триптофан.

**Задание 3.** (5 баллов) Среди перечисленных реакций выберите номер реакции, являющейся качественной и одновременно специфической для данной аминокислоты:

- 0.1. нингидриновая,
- 0.2. биуретовая,
- 0.3. ксантопротеиновая,
- 0.4. цистеиновая.

В ответе укажите только номер реакции.

**Ответ:** 3.

### **Задача 2.2.4.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Поры полупроницаемой

мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.



Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Осмос помогает растениям расти и всасывать воду корневой системой — поскольку в клеточном соке концентрация солей и сахаров выше, чем в почвенном растворе. Это важно учитывать при внесении удобрений — если осмотическое давление почвенного раствора станет слишком большим, поступление воды в растение прекратится, и оно погибнет (например, как в засоленных почвах).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте осмотическое давление раствора удобрения (130 г мочевины в 5 л воды) при температуре 20 °С. Ответ приведите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### **Решение**

Количество вещества мочевины:

$$n(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{M} = \frac{130}{16 \cdot 2 + 28} = 2,2 \text{ моль},$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{n(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{V} = \frac{2,2}{5} = 0,44 \text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 0,44 \cdot 8,314 \cdot (273 + 20) = 1\,072 \text{ кПа.}$

**Ответ:** 1 072. Диапазон 1 069–1 075.

**Задание 2.** (7 баллов) В медицине при внутривенном введении используют изотонические растворы — растворы, осмотическое давление которых соответствует давлению плазмы крови — в такой среде вода не поступает в клетку и не выводится из клетки, что предотвращает от повреждения эритроциты. Изотонический раствор хлорида натрия применяют как дезинтоксикационное средство, для коррекции состояния систем организма в случае обезвоживания и как растворитель других лекарственных препаратов.



Рассчитайте массовую долю хлорида натрия в разбавленном растворе, осмотическое давление которого при температуре  $37^\circ\text{C}$  составляет  $749 \text{ кПа}$  (плотность примите  $\rho = 1000 \text{ г/л}$ ). Ответ приведите в процентах с точностью до сотых.

### **Решение**

Рассчитаем концентрацию частиц в растворе, исходя из величины осмотического давления:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{749}{8,314 \cdot (273 + 37)} = 0,29 \text{ моль/л.}$$

Хлорид натрия — электролит, диссоциирующий в растворе на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Поскольку точная степень диссоциации в информации не указана, а раствор является разбавленным, ее можно принять равной 100%.

Тогда концентрация хлорида натрия составляет:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{C}{2} = \frac{0,29}{2} = 0,145 \text{ моль/л,}$$

тогда масса соли в 1 л раствора

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M = C(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M = 0,145 \cdot 1 \cdot (23 + 35,5) = 8,48 \text{ г.}$$

Массовая доля в растворе:

$$\omega = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{8,48}{1 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,85\%.$$

**Ответ:** 0,85. Диапазон 0,81–0,89.

**Задание 3.** (7 баллов) Измерение осмотического давления является одним из распространенных методов определения молекулярной массы полимера, влияющей на его свойства. Например, полистирол с высокой молекулярной массой обладает повышенной жесткостью и более высокой температурой плавления по сравнению с полистиролом с низкой молекулярной массой. Более того, с увеличением молекулярной массы полистирола увеличивается и его вязкость, что приводит к трудностям в переработке. Мембранный осмометр основан на измерении разности давлений — например, по разности высот в капиллярах раствора и растворителя, поскольку гидростатическое давление уравнивает осмотическое.

Установите молекулярную массу полистирола, если разность высот жидкости в осмометре для его раствора в толуоле, содержащего 3,5 г в 500 мл раствора, составляет 2,46 см при 20 °С. Ответ выразите в килограммах на моль (кг/моль) с точностью до десятых. Плотность толуола и раствора 867 кг/м<sup>3</sup>.

### **Решение**

Гидростатическое давление столба жидкости уравнивает осмотическое давление, для удобства расчета используем единицы измерения системы СИ:

$$\pi = CRT = \rho g \Delta h = 867 \cdot 9,8 \cdot (2,46 \cdot 10^{-2}) = 209 \text{ Па.}$$

Молярная концентрация раствора полимера составляет

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{209}{8,314 \cdot (273 + 20)} = 0,0858 \text{ моль/м}^3,$$

то есть количество вещества полимера

$$n = CV = 0,0858 \cdot \frac{0,5}{1\,000} = 0,0429 \text{ ммоль.}$$

Тогда молекулярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{3,5}{0,0429} = 81,6 \text{ кг/моль.}$$

**Ответ:** 81,6. Диапазон 79,8–82,2.

### **Задача 2.2.4.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.

#### **Условие**

Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно

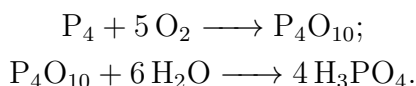
встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

**Задание 1.** (8 баллов) При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) для сжигания фосфора в 1 ч, если известно, что расход образующегося в башне 75%-го раствора фосфорной кислоты составляет 4 000 кг/ч. Ответ приведите в кубометрах с точностью до целых. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

### Решение

Запишем уравнения происходящих реакций:



Масса фосфорной кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m_{\text{р-ра}} \omega_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 4\,000 \cdot 0,75 = 3\,000 \text{ кг/ч.}$$

Количество вещества фосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M} = \frac{3\,000}{3 + 31 + 16 \cdot 4} = 30,61 \text{ кмоль/ч,}$$

что соответствует расчетному количеству вещества кислорода

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4} n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 38,26 \text{ кмоль/ч;} \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 38,26 = 76,52 \text{ кмоль/ч.} \end{aligned}$$

Объем кислорода

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2) V_0 = 76,52 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 1\,714\,160 \text{ л,}$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{1\,714\,160}{0,21 \cdot 1\,000} = 8\,163 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 8 163. Диапазон 7 700–8 600.

**Задание 2.** (8 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. При стандартных условиях рассчитайте теплоту, которая выделяется в ходе проходящих реакций при образовании указанного в задании № 1 количества фосфорной кислоты. Используйте данные таблицы, ответ выразите в мегаджоулях (мДж) с точностью до целых.

Вещество	$P_4O_{10(тв)}$	$H_3PO_{4(ж)}$	$H_2O_{(ж)}$
Теплота образования, кДж/моль	2 984,03	1 266,90	285,83

### Решение

В соответствии со следствием из закона Г.И. Гесса теплоту каждой из протекающей реакции можно выразить как разность между суммами теплот образования продуктов и реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned}\Delta_r Q &= \sum n_i Q_f(\text{прод}) - \sum n_j Q_f(\text{реаг}); \\ \Delta_{r1} Q &= Q_f(P_4 O_{10(тв)}) - Q_f(P_{4(тв)}) - 5Q_f(O_{2(г)}); \\ \Delta_{r2} Q &= 4Q_f(H_3PO_{4(ж)}) - 6Q_f(H_2 O_{(ж)}) - Q_f(P_4 O_{10(тв)}).\end{aligned}$$

С учетом того, что теплоты образования простых веществ равны нулю, получим:

$$\begin{aligned}\Delta_{r1} Q &= 2\,984,03 \text{ кДж/моль}; \\ \Delta_{r2} Q &= 4 \cdot 1\,266,90 - 6 \cdot 285,83 - 2\,984,03 = 368,59 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

В расчете на 4 моль фосфорной кислоты

$$Q_R = \Delta_{r1} Q + \Delta_{r2} Q = 3\,352,62 \text{ кДж/моль}.$$

Тогда

$$Q = Q_R \cdot \frac{n(H_3PO_4)}{4} = 3\,352,62 \cdot \frac{30,61}{4} = 25\,658 \text{ МДж}.$$

**Ответ:** 25 658. Диапазон 25 620–25 700.

**Задание 3.** (9 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте  $pH$  с точностью до десятых 1,25 моль/л раствора фосфорной кислоты, если известно, что константа диссоциации кислоты по первой ступени составляет  $7,52 \cdot 10^{-3}$ , а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь.

**Решение**

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Выражение для константы диссоциации:

$$K_I = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]},$$

где в квадратных скобках указаны равновесные концентрации. Тогда

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{H}^+], [\text{H}_3\text{PO}_4] = C_0 - [\text{H}^+];$$

$$K_I = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0 - [\text{H}^+]} = 7,52 \cdot 10^{-3}.$$

Решение уравнения при  $C_0 = 1,25$  моль/л позволяет найти

$$[\text{H}^+] = 0,093 \text{ моль/л},$$

откуда  $pH = -\lg([\text{H}^+]) \approx 1$ .

**Ответ:** 1.

### **Задача 2.2.4.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)**

Тема: химики России.

**Условие**

Этот выдающийся ученый начинал как математик и физик: степень кандидата он получил в Казанском университете за сочинение о законах движения планет и других небесных тел. Химией он стал заниматься по настоянию своего наставника и ректора университета Н. Н. Лобачевского. Так зарождалась Казанская химическая школа.

Будучи мастером органического синтеза, этот исследователь впервые осуществил реакцию бензоиновой конденсации и бензидиновую перегруппировку, получил «летучее горчичное масло» и разработал метод замещения атомов галогенов в органических соединениях водородом. Примечательно, что этот ученый был учителем химии А. Нобеля и даже внес свой вклад в применение нитроглицерина в качестве взрывчатого вещества. Однако мировую известность ему принесло открытие реакции превращения ароматических нитросоединений в аминосоединения, впоследствии названной его именем. Эта реакция позволила получить «бензидам», известный нам как анилин, и впоследствии положила начало промышленному синтезу многочисленных продуктов его превращений. В наши дни из анилина получают красители, лекарственные и взрывчатые вещества, а также полиуретаны. Научные заслуги признаны химиками всего мира. Знаменитый немецкий ученый А. В. Гофман скажет: «Если бы ... не сделал ничего более, кроме превращения нитробензола в анилин, то и тогда его имя осталось бы записанным золотыми буквами в истории химии».



Помимо науки этот академик активно занимался организационной и общественной работой, способствуя развитию органической химии, был одним из организаторов Русского химического общества и первым его президентом. Среди его учеников А. М. Бутлеров, Н. Н. Бекетов, А. П. Бородин, А. Н. Энгельгардт, Л. Н. Шишков. Впоследствии Бутлеров отметит: «Имя ... будут всегда чтить те, которым дороги и близки к сердцу успехи и величие науки в России».

Назовите этого ученого:

- А. Александр Павлович Виноградов;
- В. Александр Михайлович Зайцев;
- С. Николай Дмитриевич Зелинский;
- Д. Карл Карлович Клаус;
- Е. Николай Александрович Меншуткин;
- Ф. Сергей Васильевич Лебедев;
- Г. Николай Николаевич Зинин;
- Н. Владимир Васильевич Марковников;
- И. Дмитрий Иванович Менделеев;
- Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

**Ответ:** Г.

### 2.2.5. Третья волна. Задачи 8–9 класса

Задачи третьей волны предметного тура по химии за 8–9 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63469/enter/>.

#### ***Задача 2.2.5.1. Вода — ключевой фактор успеха в сити-фермерстве (25 баллов)***

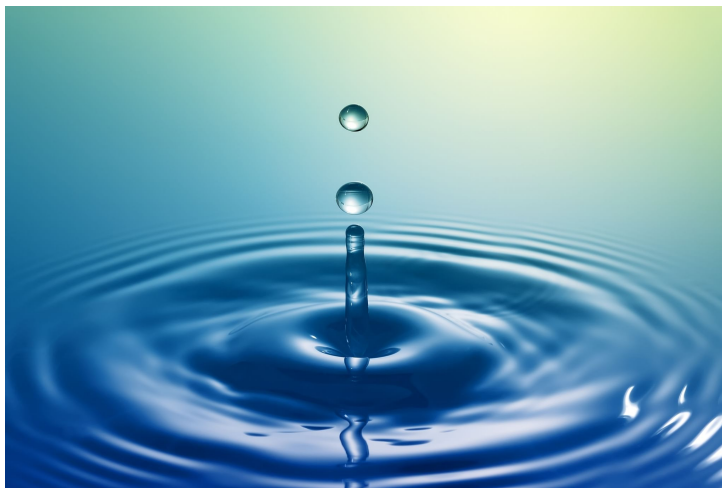
Темы: неорганическая химия, количество вещества, расчет по уравнению реакции.

#### ***Условие***

В стремительно развивающемся мире городского сельского хозяйства, известного как сити-фермерство, вода играет роль не просто ресурса, а ключевого фактора, определяющего успешность выращивания. Однако не только количество воды, но и ее качество напрямую влияет на рост и развитие растений. Это особенно актуально для сити-фермерства, где растения выращиваются в замкнутых системах с ограниченным объемом воды, что делает качество воды первостепенным фактором. Одной из важнейших характеристик качества воды является ее жесткость, которая определяется содержанием в ней солей кальция и магния.

Высокая жесткость воды может создавать ряд проблем при выращивании растений, как в традиционных, так и в гидропонных системах, поскольку приводит к повышению рН раствора. Это делает недоступными для растения многие важные

питательные вещества, например, железо, марганец и цинк. В результате растение испытывает дефицит микроэлементов, что проявляется в замедленном росте, хлорозе — пожелтении листьев, а также повышенной уязвимости к болезням. Информацию о жесткости воды учитывают при приготовлении питательных растворов, так как необходимо знать точную концентрацию избыточных минералов, присутствующих в используемой воде. Кроме того, присутствие солей кальция и магния увеличивает риск отложения нерастворимых солей, который приводит к засорению и блокировке оросительного оборудования.

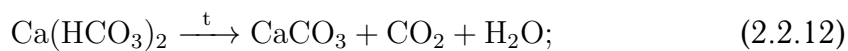


Для устранения временной (гидрокарбонатной) жесткости 1 л воды, содержащей катионы кальция и магния, прокипятили в течение длительного времени. При этом образовался осадок массой 14,2 мг и выделился углекислый газ объемом 3,36 мл (н. у.).

**Задание 1.** (10 баллов) Определите массу ионов кальция в миллиграммах (мг), обуславливающих временную жесткость воды. Ответ округлите до целых.

### Решение

При нагревании гидрокарбонаты разлагаются:



$$n(\text{CO}_2) = \frac{3,36 \text{ мл}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ ммоль}.$$

По уравнению реакции (2.2.12)  $n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)$ .

По уравнению реакции (2.2.13)  $n(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = n(\text{MgCO}_3) = n(\text{CO}_2)$ .

Пусть  $n(\text{CaCO}_3) = x$  ммоль,  $n(\text{MgCO}_3) = y$  ммоль, тогда:

$$\begin{cases} 100x + 84y = 14,2, \\ x + y = 0,15. \end{cases} \quad (2.2.14)$$

$$x = 0,1 \text{ ммоль}, y = 0,05 \text{ ммоль}.$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 40 = 4 \text{ мг}.$$

**Ответ:** 4.

**Задание 2.** (10 баллов) Определите массу ионов магния в миллиграммах (мг), обуславливающих временную жесткость воды. Ответ округлите до десятых.

**Решение**

Продолжая решения предыдущего задания, получим:

$$m(\text{Mg}^{2+}) = n \cdot M = 0,05 \cdot 24 = 1,2 \text{ мг.}$$

**Ответ:** 1,2. Диапазон 1,2–1,4.

**Задание 3.** (5 баллов) В соответствии с содержанием ионов кальция и магния (в миллиграммах), определите тип исследуемой воды (при условии, что жесткость обусловлена только гидрокарбонатами) по следующей шкале:

- 0.1. до 3 мг/л — мягкая;
- 0.2. 3–6 мг/л — средней жесткости;
- 0.3. от 6 мг/л — жесткая.

В ответе приведите цифру, соответствующую типу воды.

**Решение**

Суммарная масса катионов кальция и магния составляет  $4 + 1,2 = 5,2$  мг, что обуславливает среднюю жесткость воды.

**Ответ:** 2.

### **Задача 2.2.5.2. Питательный раствор для растений (20 баллов)**

*Темы: смеси веществ, массовая доля, количество вещества.*

**Условие**



Раствор для гидропоники представляет собой специальную жидкость, предназначенную для полноценного питания растений, в которую входят минеральные соли

и другие необходимые компоненты. В традиционном земледелии растения получают все необходимые для роста вещества из почвы, но гидропоника позволяет обходиться без нее, обеспечивая растения питательными веществами непосредственно через корневую систему в водной среде. Это особенно полезно в условиях ограниченного пространства или неблагоприятных почвенных условий. При создании питательного раствора для гидропоники важно учитывать специфику каждой культуры, так как разные растения требуют различных соотношений макро- и микроэлементов. Для достижения оптимального результата в гидропонике необходимо не только правильно подбирать компоненты, но и следить за их концентрацией. Неправильные пропорции могут привести к дефициту или избытку полезных веществ, что негативно скажется на здоровье растений. На протяжении многих лет различные ученые и агрономы разработали множество формул для питательных растворов, адаптированных для разных систем гидропоники. Например, известные формулы, такие как формула Туманова, Кнопа, Кидсона, Пюрдье, Шварца, Пильгрима и другие, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Эти формулы учитывают не только потребности конкретных культур, но и условия их выращивания, такие как температура, влажность и освещение.

Таким образом, раствор для гидропоники — это не просто смесь, а целая наука, требующая глубоких знаний о потребностях растений и условиях их роста.

Один из растворов для гидропоники — раствор Кнопа — предполагает следующее содержание солей в одном литре раствора:

- нитрата кальция — 1 г;
- нитрата калия — 0,25 г;
- сульфата магния — 0,25 г;
- дигидрофосфата калия — 0,25 г;
- хлорида калия — 0,125 г.

Рассчитайте массовые доли элементов (в процентах) в полученном растворе. Плотность раствора примите за 1 г/мл.

**Задание 1.** (4 балла) Вычислите массовую долю элемента кальция в растворе (в процентах). Ответ округлите до тысячных.

### **Решение**

Для определения массовой доли кальция определим количество 1 г нитрата кальция, а затем массу элемента кальция:

$$\begin{aligned} n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) &= \frac{1}{164} = 0,006\,097\,5 \text{ моль} \approx 0,0061 \text{ моль}; \\ m(\text{Ca}) &= n \cdot M = 0,006\,097\,5 \cdot 40 = 0,2439 \text{ г}; \\ m(\text{раствора}) &= V \cdot \rho = 1\,000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1\,000 \text{ г}; \\ \omega(\text{Ca}) &= \frac{0,2439 \cdot 100}{1\,000} = 0,024\,39\% \approx 0,024\%. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $0,024 \pm 0,001$ .

**Задание 2.** (4 балла) Вычислите массовую долю элемента калия в растворе (в процентах). Ответ округлите до тысячных.

**Решение**

Для определения массовой доли калия необходимо учитывать, что этот элемент содержится в нитрате, дигидрофосфате и хлориде. Определим количество веществ, а затем суммарную массу элемента калия:

$$n(\text{KNO}_3) = \frac{0,25}{101} = 0,002\,475\,2 \text{ моль} \approx 0,0025 \text{ моль};$$

$$n(\text{KH}_2\text{PO}_4) = \frac{0,25}{136} = 0,001\,838\,2 \text{ моль} \approx 0,0018 \text{ моль};$$

$$n(\text{KCl}) = \frac{0,125}{74,5} = 0,001\,677\,8 \text{ моль} \approx 0,0017 \text{ моль};$$

$$n(\text{K}) = 0,002\,475\,2 + 0,001\,838\,2 + 0,001\,677\,8 = 0,005\,991\,2 \approx 0,006 \text{ моль}$$

или, с учетом округления:

$$n(\text{K}) = 0,0025 + 0,0018 + 0,0017 = 0,006 \text{ моль};$$

$$m(\text{K}) = n \cdot M = 0,006 \cdot 39 = 0,234 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора}) = V \cdot \rho = 1\,000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1\,000 \text{ г};$$

$$\omega(\text{K}) = \frac{0,234 \cdot 100}{1\,000} = 0,0234\% \approx 0,023\%.$$

**Ответ:**  $0,023 \pm 0,001$ .

**Задание 3.** (4 балла) Вычислите массовую долю элемента магния в растворе (в процентах). Ответ округлите до тысячных.

**Решение**

Для определения массовой доли магния определим количество сульфата магния, а затем массу элемента магния:

$$n(\text{MgSO}_4) = \frac{0,25}{120} = 0,002\,083\,3 \text{ моль} \approx 0,0021 \text{ моль};$$

$$m(\text{Mg}) = n \cdot M = 0,002\,083\,3 \cdot 24 = 0,049\,999\,2 \approx 0,05 \text{ г};$$

$$m(\text{раствора}) = V \cdot \rho = 1\,000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1\,000 \text{ г};$$

$$\omega(\text{Mg}) = \frac{0,05 \cdot 100}{1\,000} = 0,005\%.$$

**Ответ:**  $0,005 \pm 0,001$ .

**Задание 4.** (4 балла) Вычислите массовую долю элемента азота в растворе (в процентах). Ответ округлите до тысячных.

**Решение**

Для определения массовой доли азота необходимо учитывать, что этот элемент содержится в нитратах кальция и калия. Определим количество веществ,

а затем суммарную массу элемента азота:

$$\begin{aligned}n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) &= \frac{1}{164} = 0,006\,097\,5 \text{ моль} \approx 0,006\,1 \text{ моль}; \\n(\text{KNO}_3) &= \frac{0,25}{101} = 0,002\,475\,2 \text{ моль} \approx 0,0025 \text{ моль}; \\n(\text{N}) &= 0,006\,097\,5 \cdot 2 + 0,002\,475\,2 = 0,014\,670\,2 \approx 0,0147 \text{ моль}\end{aligned}$$

или, с учетом округления:

$$\begin{aligned}n(\text{N}) &= 0,0061 \cdot 2 + 0,0025 = 0,0147 \text{ моль}; \\m(\text{N}) &= n \cdot M = 0,0147 \cdot 14 = 0,2058 \text{ г}; \\m(\text{раствора}) &= V \cdot \rho = 1\,000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1\,000 \text{ г}; \\\omega(\text{N}) &= \frac{0,2058 \cdot 100}{1\,000} = 0,02058\% \approx 0,021\%.\end{aligned}$$

**Ответ:**  $0,021 \pm 0,001$ .

**Задание 5.** (4 балла) Вычислите массовую долю элемента фосфора в растворе (в процентах). Ответ округлите до тысячных.

### **Решение**

Для определения массовой доли фосфора определим дигидрофосфата калия, а затем массу элемента фосфора:

$$\begin{aligned}n(\text{KH}_2\text{PO}_4) &= \frac{0,25}{136} = 0,001\,838\,2 \text{ моль} \approx 0,0018 \text{ моль}; \\m(\text{P}) &= n \cdot M = 0,001\,838\,2 \cdot 31 = 0,056\,984\,2 \approx 0,057 \text{ г}; \\m(\text{раствора}) &= V \cdot \rho = 1\,000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1\,000 \text{ г}; \\\omega(\text{P}) &= \frac{0,057 \cdot 100}{1\,000} = 0,0057\% \approx 0,006\%.\end{aligned}$$

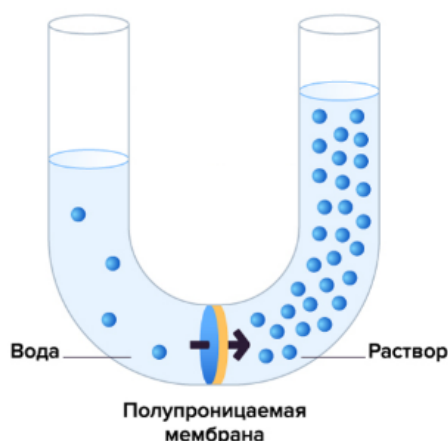
**Ответ:**  $0,006 \pm 0,001$ .

### **Задача 2.2.5.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

*Темы: концентрации, растворы, осмос.*

#### **Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества.



Поры полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Но осмос значим и в быту: с древности с его помощью консервировали пищу — в соленой среде вода вытекает из клеток, что приводит к сморщиванию (весь материал внутри клетки отслаивается от клеточной стенки) и потере жизнедеятельности микроорганизмов (этот процесс называют плазмолизом).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте массу поваренной соли, необходимую для приготовления 1,75 л рассола для засаливания огурцов (плотность  $\rho = 1\,041$  г/л), массовая доля соли в котором составляет 6,0%. Ответ приведите в граммах с точностью до десятых.

### **Решение**

Рассчитаем массу раствора  $m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,041 \cdot 1,75 = 1\,821,8$  г.

Масса соли составляет:

$$m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ра}} \omega(\text{NaCl}) = 1\,821,8 \cdot 0,06 = 109,3 \text{ г.}$$

**Ответ:** 109,3. Диапазон 109–110.

**Задание 2.** (7 баллов) Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

В терапевтических целях иногда используют гипертонические растворы — растворы, осмотическое давление которых превышает давление плазмы крови — в такой среде вода выходит через мембрану из клетки, и клетка сжимается. Гипертонический 10%-й раствор глюкозы вводят для регидратации в случае потери жидкости, для разведения и растворения вводимых парентерально лекарственных препаратов, а также в качестве источника углеводов.



Рассчитайте величину осмотического давления 10%-го водного раствора глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) при температуре 25 °С (плотность  $\rho = 1\,037$  г/л). Ответ приведите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### Решение

Рассчитаем массу 1 л раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,037 \cdot 1,0 = 1\,037 \text{ г.}$$

Масса глюкозы составляет:

$$m(C_6H_{12}O_6) = m_{\text{р-ра}} \omega(C_6H_{12}O_6) = 1\,037 \cdot 0,10 = 103,7 \text{ г.}$$

Количество вещества глюкозы:

$$n(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{103,7}{6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16} = 0,574 \text{ моль,}$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(C_6H_{12}O_6) = \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{V} = \frac{0,574}{1} = 0,574 \text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 0,574 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25) = 1\,423,2$  кПа.

**Ответ:** 1 423. Диапазон 1 403–1 443.



**Задание 3.** (7 баллов) Полимер поливиниловый спирт является дезинтоксикатором: его водные растворы вводят внутривенно для связывания токсинов из-за способности связывать в комплексы вещества различной природы. Это также способствует улучшению реологических свойств крови. Осмотическое давление раствора полимера мало, поэтому в состав также включают неорганические соли, чтобы сделать раствор препарата изотоничным крови.

Установите молярную массу поливинилового спирта в граммах на моль (г/моль) с точностью до целых, если осмотическое давление раствора, содержащего 6,00 г полимера в 200,0 мл раствора, составляет 6,873 кПа при 37 °С.

### **Решение**

Молярная концентрация раствора полимера:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{6,873}{8,314 \cdot (273 + 37)} = 2,67 \text{ ммоль/л},$$

то есть количество вещества полимера:

$$n = CV = 2,67 \cdot 0,2 = 0,534 \text{ ммоль}.$$

Тогда молярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{6,00}{0,534} \cdot 1\,000 = 11\,236 \text{ кг/моль}.$$

**Ответ:** 11 236. Диапазон 11 036–11 436.

### **Задача 2.2.5.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

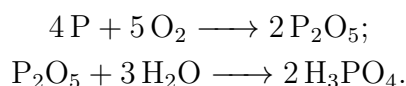
Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.

#### **Условие**

Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

Этот процесс упрощенно можно описать следующими реакциями:



**Задание 1.** (7 баллов) При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, содержащего 1,2% негорючих примесей (расход фосфора 3 750 кг/ч). Ответ выразите в кубических метрах с точностью до целых. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

### Решение

В расчете на один час количество вещества фосфора составляет

$$n(P) = \frac{m}{M} = \frac{3\,750 \cdot 0,988}{31} = 119,52 \text{ кмоль},$$

тогда

$$n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = \frac{5}{4}n(P) = 149,40 \text{ кмоль};$$

$$n_{\text{практ}}(\text{O}_2) = 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 149,40 = 298,8 \text{ кмоль}.$$

Объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2)V_0 = 298,8 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 6\,693\,120 \text{ л},$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{6\,693\,120}{0,21 \cdot 1\,000} = 31\,872 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 31 872. Диапазон 29 640–34 100.

**Задание 2.** (6 баллов) Рассчитайте массу 80%-го раствора фосфорной кислоты, образующегося в башне, в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых.

### Решение

Количество вещества фосфорной кислоты соответствует количеству фосфора  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(P) = 119,52 \text{ кмоль/ч}$ , тогда:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4)M = 119,52 \cdot (3 + 31 + 16 \cdot 4) = 11\,713 \text{ кг/ч};$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\omega(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{11\,713}{0,80} = 14\,641 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 14 641. Диапазон 14 637–14 645.

**Задание 3.** (6 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. Рассчитайте массу угля, содержащего 3% негорючих примесей, которую удастся сэкономить при полном использовании тепла сгорания фосфора. Ответ выразите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых. Теплота сгорания белого фосфора в указанных условиях составляет 1 764 кДж/моль, углерода 394 кДж/моль.

**Решение**

Количество теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, составляет

$$Q = Q_P n(P) = 119,52 \cdot 1\,764 = 210\,833 \text{ МДж/ч},$$

тогда

$$n(C) = \frac{Q}{Q_C} = \frac{210\,833 \cdot 1\,000}{394} = 535\,110 \text{ моль/ч};$$

$$m(C) = n(C)M = 535\,110 \cdot 12 = 6\,421 \text{ кг/ч};$$

$$m_{\text{уголь}} = \frac{m(C)}{\omega(C)} = \frac{6\,421}{0,90} = 6\,620 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 6 620. Диапазон 6 616–6 624.

**Задание 4.** (6 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов.

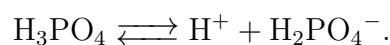
Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте концентрацию ионов водорода в миллимоль на литр (ммоль/л) с точностью до десятых в 0,015 моль/л растворе фосфорной кислоты, если известно, что степень диссоциации кислоты по первой ступени составляет 50%, а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь.

**Решение**

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Степень диссоциации представляет собой отношение количества вещества, распавшегося на ионы, к общему количеству растворенного вещества:

$$\alpha_I = \frac{n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{n_0(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

В расчете на 1 л раствора  $n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV = 0,015 \cdot 1 = 0,015$  моль,

$$\begin{aligned} n(\text{H}^+) = n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) &= \alpha_I n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,50 \cdot 0,015 = \\ &= 0,0075 \text{ моль} = 7,5 \text{ ммоль}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 7,5.

### **Задача 2.2.5.5. Ученый (10 баллов)**

Тема: химики России.

#### **Условие**

В стенах Казанского университета, где начинал свой путь будущий ученый, царила атмосфера, далекая от современного представления о химической лаборатории. Два рабочих стола, калильные печи, одна большая печь и песчаная баня без тяги — вот и весь скромный арсенал для проведения экспериментов. Опыты, требующие вытяжной вентиляции, проводились прямо на улице, независимо от времени года. Холодная зима или палящее солнце — наука не знала границ. В 1853 году отец ученого, желая обеспечить сыну более стабильное будущее, уговаривал его сменить направление деятельности и отказал во всяческой материальной поддержке. Но, вопреки всем уговорам, юноша, движимый неугасимой жаждой познания, твердо решил посвятить себя науке. В 1844 году он поступил в Петербургский университет, но уже через три года перешел в Казанский, где стал учеником знаменитого русского химика-органика Николая Николаевича Зинина. Казалось бы, естественным продолжением было бы изучение органической химии, следуя по стопам своего учителя. Однако молодой ученый, не ограничиваясь рамками одного направления, увлекся физической химией, тогда еще только формирующейся областью знания. И хотя немцы утверждают, что приоритет в развитии физической химии принадлежит Вильгельму Оствальду, наш ученый уже в 1865 году, когда Оствальд был еще ребенком, читал студентам систематический курс по этой дисциплине.

Важным фактором, способствовавшим его успехам, была не только страсть к науке, но и способность использовать подручные средства для достижения поставленных задач. Так, исследуя явление алюминотермии, он прибегнул к изогнутому ружейному стволу в качестве реакционного сосуда. Ученый также изучал восстановительные способности других металлов, что позволило ему разработать «вытеснительный ряд металлов». Этот ряд, составленный по возрастанию активности металлов, стал неотъемлемой частью химии, помогая прогнозировать и анализировать химические реакции.

По мнению И. А. Каблукова, имя этого ученого «будет стоять в истории науки рядом с именами Д. И. Менделеева и А. М. Бутлерова и будет занесено золотыми буквами в историю науки в России».

Назовите этого ученого:

- A. Федор Федорович Бейльштейн;
- B. Николай Николаевич Бекетов;
- C. Александр Порфирьевич Бородин;
- D. Владимир Иванович Вернадский;

Е. Александр Абрамович Воскресенский;  
Ф. Николай Дмитриевич Зелинский;  
Г. Сергей Васильевич Лебедев;  
Н. Юрий Анатольевич Овчинников;  
И. Игорь Михайлович Скурихин;  
Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

**Ответ:** В.

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

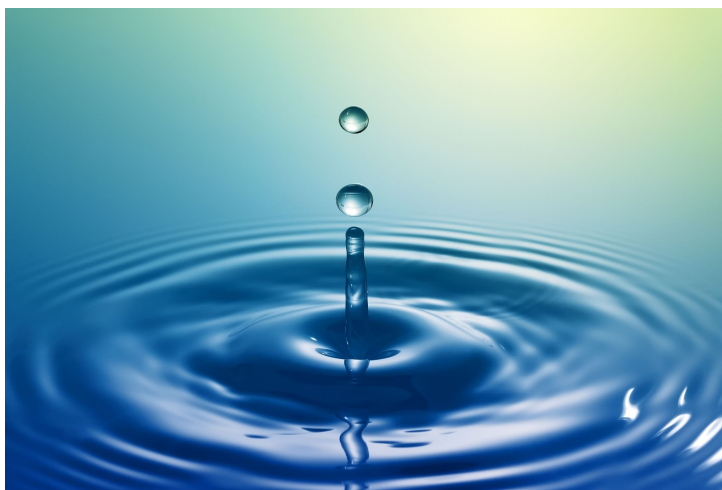
Задачи третьей волны предметного тура по химии за 10–11 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63486/enter/>.

### ***Задача 2.2.6.1. Вода — ключевой фактор успеха в сити-фермерстве (30 баллов)***

Темы: неорганическая химия, количество вещества, расчет по уравнению реакции.

#### ***Условие***

В стремительно развивающемся мире городского сельского хозяйства, известного как сити-фермерство, вода играет роль не просто ресурса, а ключевого фактора, определяющего успешность выращивания.



Однако не только количество воды, но и ее качество напрямую влияет на рост и развитие растений. Это особенно актуально для сити-фермерства, где растения выращиваются в замкнутых системах с ограниченным объемом воды, что делает качество воды первостепенным фактором. Одной из важнейших характеристик качества воды является ее жесткость, которая определяется содержанием в ней солей кальция и магния.

Высокая жесткость воды может создавать ряд проблем при выращивании растений, как в традиционных, так и в гидропонных системах. Высокое содержание кальция и магния в воде может приводить к повышению pH раствора, что делает недоступными для растения многие важные питательные вещества, например, железо, марганец и цинк. В результате растение испытывает дефицит микроэлементов, что проявляется в замедленном росте, хлорозе — пожелтении листьев, а также повышенной уязвимости к болезням. Информацию о жесткости воды учитывают при приготовлении питательных растворов, так как необходимо знать точную концентрацию избыточных минералов, присутствующих в используемой воде. Кроме того, присутствие солей кальция и магния увеличивает риск отложения нерастворимых солей, который приводит к засорению и блокировке оросительного оборудования.

Для определения жесткости воды можно использовать метод комплексонометрического титрования, который основывается на реакциях комплексообразования между ионами, содержащимися в анализируемом растворе, и титрантом. В данном случае титрантом является раствор ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты). ЭДТА образует стабильные комплексные соединения с ионами кальция и магния в соотношении 1 : 1. Это позволяет точно измерять количество этих ионов в воде, что является важным для оценки жесткости. Процесс титрования включает в себя поэтапное добавление титранта к образцу воды, пока не произойдет полное взаимодействие между ионами кальция и магния и ЭДТА. Завершение реакции фиксируется с помощью металлоиндикаторов, таких как эриохром черный Т и мурексид. Эти индикаторы изменяют цвет в зависимости от наличия ионов кальция и магния, что позволяет визуально определить момент окончания титрования. Для отдельного определения содержания кальция и магния в воде проводят два титрования в разных условиях. В одном в качестве индикатора используется эриохром черный Т. В этом случае в результате титрования определяется общее количество ионов кальция и магния. Во втором подходе используется мурексид, который также реагирует с обоими ионами, но с некоторыми модификациями. Перед титрованием в раствор добавляется едкий натр (NaOH), что приводит к осаждению магния в виде гидроксида. Таким образом, в этом случае титруется только кальций, а содержание магния можно вычислить по разнице. Титрование обычно проводят трижды для повышения точности результатов, после чего рассчитывается средний объем использованного титранта. Расчет содержания кальция и магния осуществляют по формулам:

$$m(\text{Ca}^{2+}) \text{ в мг в 1 л} = \frac{C_{\text{ЭДТА}} \cdot V_{\text{ЭДТА1}} \cdot 1000 \cdot M_{\text{Ca}^{2+}}}{V_{\text{пробы}}};$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) \text{ в мг в 1 л} = \frac{C_{\text{ЭДТА}} \cdot (V_{\text{ЭДТА2}} - V_{\text{ЭДТА1}}) \cdot 1000 \cdot M_{\text{Mg}^{2+}}}{V_{\text{пробы}}},$$

где

- $C_{\text{ЭДТА1}}$  — молярная концентрация ЭДТА, моль/л;
- $V_{\text{ЭДТА1}}$  — средний объем ЭДТА, пошедший на титрование с мурексидом, мл;
- $V_{\text{ЭДТА2}}$  — средний объем ЭДТА, пошедший на титрование с эриохромом черным Т, мл;
- $M_{\text{Ca}^{2+}}$ ,  $M_{\text{Mg}^{2+}}$  — молярные массы кальция и магния, г/моль.

**Задание 1.** (7 баллов) Определите в миллиграммах массу ионов кальция, содержащуюся в 1 л воды, если при трехкратном титровании пробы воды объемом 100 мл с металлоиндикатором мурексидом 0,005 М раствором ЭДТА при  $pH = 12$  до перехода красной окраски раствора в фиолетовую объемы ЭДТА составили: 2,9 мл, 2,7 мл, 2,8 мл. Ответ округлите до десятых.

**Решение**

Комплексометрическое титрование воды раствором ЭДТА с использованием мурексида при  $pH = 12$  позволяет определить содержание кальция при совместном нахождении в пробе магния, так как при данном значении  $pH$  магний осаждается в виде гидроксида.

Средний объем титранта, пошедшего на титрование, составляет

$$V_{\text{ЭДТА1}} = \frac{2,9 + 2,7 + 2,8}{3} = 2,8 \text{ мл.}$$

Массу кальция определяем по формуле:

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}^{2+}) \text{ в мг в 1 л} &= \frac{C_{\text{ЭДТА1}} \cdot V_{\text{ЭДТА1}} \cdot 1000 \cdot M_{\text{Ca}^{2+}}}{V_{\text{пробы}}} = \\ &= \frac{0,005 \cdot 2,8 \cdot 1000 \cdot 40}{100} = 5,6 \text{ мг.} \end{aligned}$$

**Ответ:** 5,6. Диапазон 5,4–5,8.

**Задание 2.** (7 баллов) Определите в миллиграммах массу ионов магния, содержащуюся в 1 л воды, если при трехкратном титровании пробы воды объемом 100 мл с металлоиндикатором мурексидом 0,005 М раствором ЭДТА при  $pH = 12$  до перехода красной окраски раствора в фиолетовую объемы ЭДТА составили: 2,9 мл, 2,7 мл, 2,8 мл; а с металлоиндикатором эриохромом черным Т 0,005 М раствором ЭДТА при  $pH = 10$  до перехода красной окраски в синюю объемы ЭДТА составили: 4,5 мл, 4,4 мл, 4,3 мл. Ответ округлите до сотых.

**Решение**

Комплексометрическое титрование воды раствором ЭДТА с использованием эриохрома черного Т при  $pH = 10$  позволяет определить суммарное содержание кальция и магния в пробе, магний рассчитывают по разнице с предыдущим титрованием.

Средний объем титранта, пошедшего на титрование, составляет

$$V_{\text{ЭДТА1}} = \frac{4,5 + 4,4 + 4,3}{3} = 4,4 \text{ мл.}$$

Массу магния определяем по формуле:

$$\begin{aligned} m(\text{Mg}^{2+}) \text{ в мг в 1 л} &= \frac{C_{\text{ЭДТА1}} \cdot (V_{\text{ЭДТА2}} - V_{\text{ЭДТА1}}) \cdot 1000 \cdot M_{\text{Mg}^{2+}}}{V_{\text{пробы}}} = \\ &= \frac{0,005 \cdot (4,4 - 2,8) \cdot 1000 \cdot 24}{100} = 1,92 \text{ мг.} \end{aligned}$$

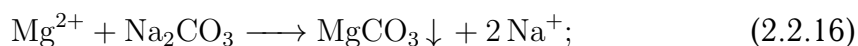
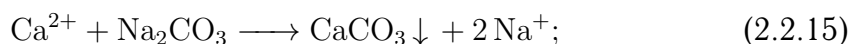
**Ответ:** 1,92. Диапазон 1,90–1,94.

**Задание 3.** (6 баллов) При необходимости умягчить воду можно воспользоваться одним из химических методов устранения жесткости воды — добавлением к воде раствора соды. При этом ионы кальция и магния осаждаются в виде

нерастворимых солей. Определите массу осадка, образовавшегося при добавлении к 10 л воды, содержащей  $7,525 \cdot 10^{20}$  ионов кальция и  $9,632 \cdot 10^{20}$  ионов магния, раствора кальцинированной соды, взятой в избытке. Ответ выразите в миллиграммах (мг) и округлите до целых.

### Решение

Кальцинированная сода — карбонат натрия, катионы кальция и магния образуют с ней нерастворимые карбонаты:



$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{7,525 \cdot 10^{20}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,00125 \text{ моль} = 1,25 \text{ ммоль};$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{9,632 \cdot 10^{20}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,0016 \text{ моль} = 1,6 \text{ ммоль};$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{Ca}^{2+}) = 1,25 \text{ ммоль};$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n \cdot M = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ мг};$$

$$n(\text{MgCO}_3) = n(\text{Mg}^{2+}) = 1,16 \text{ ммоль};$$

$$m(\text{MgCO}_3) = n \cdot M = 1,16 \cdot 84 = 134,4 \text{ мг};$$

$$m(\text{осадка}) = 125 + 134,4 = 259,4 \text{ мг} \approx 259 \text{ мг в 10 л воды.}$$

**Ответ:** 259. Диапазон 258–260.

**Задание 4.** (10 баллов) Для устранения временной жесткости воды, обусловленной содержанием гидрокарбонатов кальция и магния, 1 л воды прокипятили в течение длительного времени в закрытом сосуде. При этом образовался осадок массой 28,4 мг и выделился углекислый газ объемом 6,72 мл (н. у.). Определите суммарную массу ионов кальция и магния, устраненных кипячением из 1 л воды. Ответ выразите в миллиграммах (мг) и округлите до десятых.

### Решение

При нагревании гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются по формулам 2.2.15 и 2.2.16.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{6,72 \text{ мл}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,3 \text{ ммоль.}$$

Пусть  $n(\text{CaCO}_3) = x$  ммоль,  $n(\text{MgCO}_3) = y$  ммоль.

По уравнению (2.2.15)  $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = x$  ммоль.

По уравнению (2.2.16)  $n(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3) = y$  ммоль, тогда:

$$\begin{cases} 100x + 84y = 28,4, \\ x + y = 0,3. \end{cases}$$



$x = 0,2$  ммоль,  $y = 0,1$  ммоль.

$$n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{CaCO}_3) = 0,2 \text{ ммоль};$$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = n(\text{MgCO}_3) = 0,1 \text{ ммоль};$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = n \cdot M = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ мг};$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ мг};$$

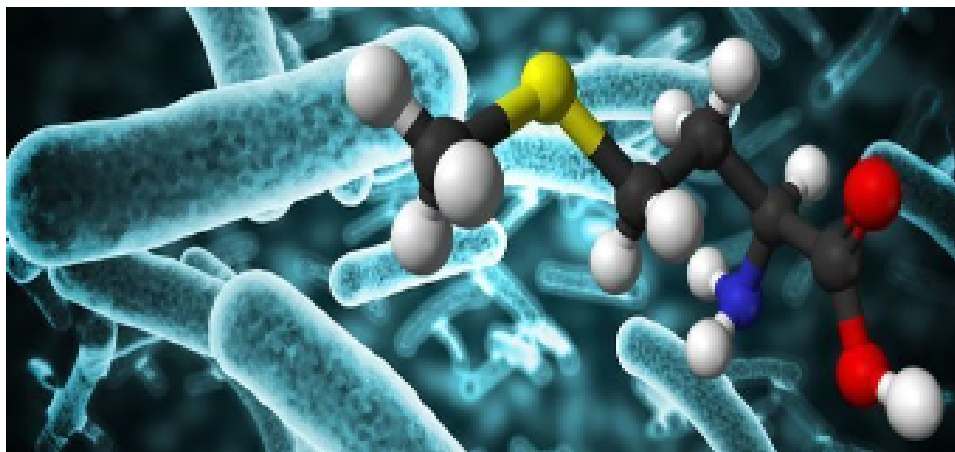
$$m(\text{Ca}^{2+}) + m(\text{Mg}^{2+}) = 8 + 2,4 = 10,4 \text{ мг}.$$

**Ответ:** 10,4. Диапазон 10,2–10,6.

### **Задача 2.2.6.2. Аминокислоты в биотехнологиях (15 баллов)**

*Темы: органическая химия, расчет по уравнению реакции, биохимия.*

#### **Условие**



Аминокислоты играют ключевую роль в современных биотехнологиях, становясь основой для множества инновационных процессов и продуктов. Их применение охватывает широкий спектр областей, среди которых особенно выделяются производство вакцин, создание терапевтических белков и разработка различных биофармацевтических препаратов. Например, в последние годы значительное внимание уделяется использованию аминокислот в разработке мРНК-вакцин, которые продемонстрировали свою эффективность в борьбе с COVID-19. Кроме того, аминокислоты активно задействуются в производстве моноклональных антител, которые применяются для лечения различных заболеваний, включая рак и аутоиммунные расстройства. Эти антитела, созданные на основе специфических аминокислотных последовательностей, способны целенаправленно связываться с определенными молекулами в организме, что делает их мощным инструментом в терапии. Исследования в области аминокислот не ограничиваются только медициной. Они также находят применение в сельском хозяйстве, где аминокислоты используются для создания высококачественных кормов, способствующих улучшению здоровья животных и увеличению продуктивности. В сфере пищевых технологий аминокислоты применяются для улучшения вкусовых качеств продуктов, а также для обогащения их питательными веществами. С учетом быстрого развития науки и технологий, можно ожидать, что

в будущем мы увидим новые, ранее невообразимые, сферы и методы применения аминокислот.

Небольшой фрагмент белка *A*, состоящий из двух аминокислот массой 10,8 г, сожгли в достаточном количестве кислорода. В процессе горения образовалось 11,2 л (н. у.) углекислого газа, 9 г воды и 1,12 л азота (н. у.). В присутствии соляной кислоты исходное вещество подверглось гидролизу с образованием единственной соли.

**Задание 1.** (8 баллов) Определите молярную массу исходного вещества *A* в граммах на моль (г/моль). Ответ запишите с точностью до целых.

### Решение

Фрагмент из двух аминокислот — дипептид. Определим количества образующихся в результате сжигания дипептида веществ и количества элементов, входящих в его состав.

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C}) = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль}; m(\text{C}) = n \cdot M = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9}{18} = 0,5 \text{ моль}; n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}) = n \cdot M = 1 \cdot 1 = 1 \text{ г};$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль}; n(\text{N}) = 2 \cdot n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{N}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 14 = 1,4 \text{ г};$$

$$m(\text{O}) = 10,8 - 6 - 1 - 1,4 = 2,4 \text{ г};$$

$$n(\text{O}) = \frac{2,4}{16} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{N}) = 0,5 : 1 : 0,15 : 0,1 = 5 : 10 : 1,5 : 1 (\times 2);$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) : n(\text{N}) = 10 : 20 : 3 : 2.$$

Молекулярная формула дипептида —  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_3\text{N}_2$ .

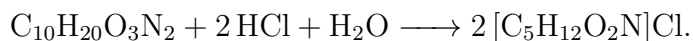
Молекулярная масса дипептида  $M(\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_3\text{N}_2) = 216 \text{ г/моль}$ .

**Ответ:** 216. Диапазон 215–217.

**Задание 2.** (5 баллов) Определите, какая аминокислота образует фрагмент белка *A*, укажите ее тривиальное название.

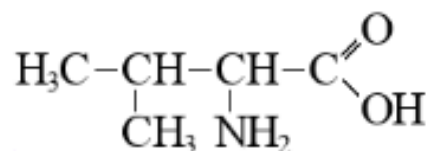
### Решение

При гидролизе дипептида  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_3\text{N}_2$  образуется только одна соль, следовательно, дипептид состоит из одинаковых аминокислот, содержащих по 5 атомов углерода.



Молекулярная формула аминокислоты, соответствующая образовавшейся соли —  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ .

Аминокислота, имеющая брутто-формулу  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$  — валин.



Валин относится к группе незаменимых аминокислот, то есть эта аминокислота не синтезируется в организме человека и должна поступать с пищей.

*L*-валин — это аминокислота, которая коммерчески важна, его можно использовать в качестве кормовой добавки для животных, ингредиента косметических средств и специальных питательных веществ в фармацевтической и сельскохозяйственной областях. *L*-валин может улучшать функцию лактации у племенных животных и рассматривался как одна из лимитирующих аминокислот в кормах для домашней птицы и свиней. Добавление *L*-валина может придать косметическим средствам увлажняющую функцию и стимулировать синтез коллагена. В фармацевтической промышленности *L*-валин широко используется в качестве компонента для инфузий аминокислот третьего поколения и обладает высокой устойчивостью к синтезу и разложению мышечного белка; он играет важную роль в фармакологических питательных веществах для пациентов с хроническими заболеваниями печени.

**Ответ:** валин (принимать Валин / ВАЛИН).

**Задание 3.** (2 балла) Среди перечисленных реакций выберите ту, с помощью которой можно отличать растворы пептидов от растворов аминокислот:

- 0.1. нингидриновая;
- 0.2. биуретовая;
- 0.3. ксантопротеиновая;
- 0.4. цистеиновая.

В ответе укажите только номер реакции.

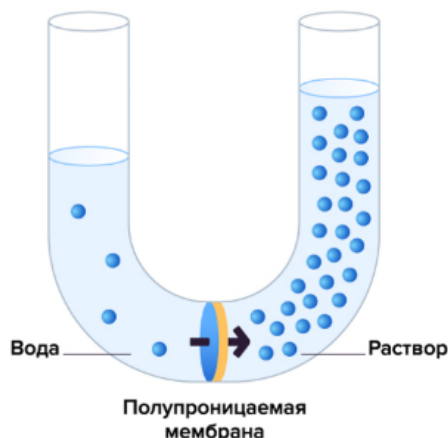
**Решение**

Фрагмент белка, то есть пептид, можно обнаружить с помощью биуретовой реакции — качественной реакции на пептидную связь.

**Ответ:** 2.

### **Задача 2.2.6.3. Осмос: от агрохимии и медицины до новых материалов (20 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Поры полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.

Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Осмос помогает растениям расти и всасывать воду корневой системой — поскольку в клеточном соке концентрация солей и сахаров выше, чем в почвенном растворе. Это важно учитывать при внесении удобрений — если осмотическое давление почвенного раствора станет слишком большим, поступление воды в растение прекратится, и оно погибнет (например, как в засоленных почвах).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте осмотическое давление раствора удобрения (380 г мочевины в 15 л воды) при температуре 22 °С. Ответ выразите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

**Решение**

Количество вещества мочевины:

$$n(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{m(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{M} = \frac{380}{16 \cdot 2 + 28} = 6,3 \text{ моль},$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{n(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{V} = \frac{6,3}{15} = 0,42 \text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 0,42 \cdot 8,314 \cdot (273 + 22) = 1\,030 \text{ кПа}$ .

**Ответ:** 1 030. Диапазон 1 015–1 045.

**Задание 2.** (7 баллов) В медицине при внутривенном введении используют гипертонические растворы — растворы, осмотическое давление которых превышает давление плазмы крови — в такой среде вода выходит через мембрану из клетки, и клетка сжимается.

Гипертонический раствор хлорида натрия применяют для снятия отека в офтальмологии, как осмотический диуретик, для коррекции состояния систем организма при операциях и в реанимационных целях.



Рассчитайте массовую долю хлорида натрия в разбавленном растворе, осмотическое давление которого при температуре 37 °С составляет 6 661 кПа (плотность примитер  $\rho = 1\,050 \text{ г/л}$ ). Ответ запишите в процентах с точностью до десятых.

**Решение**

Рассчитаем концентрацию частиц в растворе исходя из величины осмотического давления:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{6\,661}{8,314 \cdot (273 + 37)} = 2,58 \text{ моль/л.}$$

Хлорид натрия — электролит, диссоциирующий в растворе на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Поскольку точная степень диссоциации в информации не указана, а раствор является разбавленным, ее можно принять равной 100%.

Тогда концентрация хлорида натрия составляет:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{C}{2} = \frac{2,58}{2} = 1,29 \text{ моль/л,}$$

а масса соли в 1 л раствора:

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M = C(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M = 1,29 \cdot 1 \cdot (23 + 35,5) = 75,47 \text{ г.}$$

Массовая доля в растворе

$$\omega = \frac{m(\text{NaCl})}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{75,47}{1 \cdot 1050} \cdot 100 = 7,2\%.$$

**Ответ:** 7,2. Диапазон 7,0–7,4.

**Задание 3.** (7 баллов) Измерение осмотического давления является одним из распространенных методов определения молекулярной массы полимера, влияющей на его свойства. Например, поливинилацетат с высокой молекулярной массой обладает более высокой твердостью и температурой стеклования, при меньшей растворимости в органических растворителях. Мембранный осмометр основан на измерении разности давлений — например, по разности высот в капиллярах раствора и растворителя, поскольку гидростатическое давление уравнивает осмотическое.

Установите молекулярную массу поливинилхлорида, если разность высот жидкости в осмометре для его раствора в ацетоне, содержащего 0,2 г в 100 мл раствора, составляет 8,1 см при 25 °С. Ответ запишите в килограммах на моль (кг/моль) с точностью до десятых. Плотность ацетона и раствора 791 кг/м<sup>3</sup>.

### **Решение**

Гидростатическое давление столба жидкости уравнивает осмотическое давление, для удобства расчета используем единицы измерения системы СИ:

$$\pi = CRT = \rho g \Delta h = 791 \cdot 9,8 \cdot (8,1 \cdot 10^{-2}) = 627,9 \text{ Па.}$$

Молярная концентрация раствора полимера составляет

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{627,9}{8,314 \cdot (273 + 25)} = 0,253 \text{ моль/м}^3,$$

то есть количество вещества полимера

$$n = CV = 0,253 \cdot \frac{0,1}{1000} = 0,025 \text{ ммоль.}$$

Тогда молекулярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,2}{0,025} = 8 \text{ кг/моль.}$$

**Ответ:** 8. Диапазон 7,5–8,3.

### **Задача 2.2.6.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

Темы: количество вещества, термохимия, химическое равновесие.

### Условие

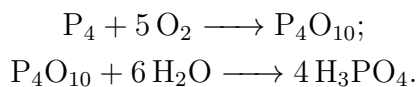
Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

**Задание 1.** (8 баллов) При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, если известно, что расход образующегося в башне 80%-го раствора фосфорной кислоты составляет 4 500 кг/ч. Ответ выразите в кубических метрах с точностью до целых. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

### Решение

Запишем уравнения происходящих реакций:



Масса фосфорной кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m_{\text{р-ра}} \omega_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 4\,500 \cdot 0,80 = 3\,600 \text{ кг/ч.}$$

Количество вещества фосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M} = \frac{3\,600}{3 + 31 + 16 \cdot 4} = 36,73 \text{ кмоль/ч,}$$

что соответствует расчетному количеству вещества кислорода

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4} n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 45,92 \text{ кмоль/ч;} \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 45,92 = 91,84 \text{ кмоль/ч.} \end{aligned}$$

Объем кислорода

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2) V_0 = 91,84 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 2\,057\,143 \text{ л,}$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{2\,057\,143}{0,21 \cdot 1\,000} = 9\,796 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 9 796. Диапазон 9 000–10 600.

**Задание 2.** (8 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. При стандартных условиях рассчитайте теплоту, которая выделяется в ходе проходящих реакций при образовании указанного в задании № 1 количества фосфорной кислоты. Используйте данные таблицы, ответ запишите в мегаджоулях (МДж).

Вещество	$P_4O_{10(тв)}$	$H_3PO_{4(ж)}$	$H_2O_{(ж)}$
Теплота образования, кДж/моль	2 984,03	1 266,90	285,83

### Решение

В соответствии со следствием из закона Г. И. Гесса, теплоту каждой протекающей реакции можно выразить как разность между суммами теплот образования продуктов и реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned}\Delta_r Q &= \sum n_i Q_f(\text{прод}) - \sum n_j Q_f(\text{реаг}); \\ \Delta_{r1} Q &= Q_f(P_4 O_{10(тв)}) - Q_f(P_{4(тв)}) - 5Q_f(O_{2(г)}); \\ \Delta_{r2} Q &= 4Q_f(H_3PO_{4(ж)}) - 6Q_f(H_2 O_{(ж)}) - Q_f(P_4 O_{10(тв)}).\end{aligned}$$

С учетом того, что теплоты образования простых веществ равны нулю, получим:

$$\begin{aligned}\Delta_{r1} Q &= 2\,984,03 \text{ кДж/моль}; \\ \Delta_{r2} Q &= 4 \cdot 1\,266,90 - 6 \cdot 285,83 - 2\,984,03 = 368,59 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

В расчете на 4 моль фосфорной кислоты

$$Q_R = \Delta_{r1} Q + \Delta_{r2} Q = 3\,352,62 \text{ кДж/моль}.$$

Тогда

$$Q = Q_R \cdot \frac{n(H_3PO_4)}{4} = 3\,352,62 \cdot \frac{36,73}{4} = 30\,785 \text{ МДж}.$$

**Ответ:** 30 785. Диапазон 30 700–30 870.

**Задание 3.** (9 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта.



Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности,



о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.

Рассчитайте  $pH$  0,75 моль/л раствора фосфорной кислоты, если известно, что константа диссоциации кислоты по первой ступени составляет  $7,52 \cdot 10^{-3}$ , а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь. Ответ приведите в моль на литр (моль/л).

### Решение

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Выражение для константы диссоциации:

$$K_I = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]},$$

где в квадратных скобках указаны равновесные концентрации.

Тогда

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{H}^+], [\text{H}_3\text{PO}_4] = C_0 - [\text{H}^+];$$

$$K_I = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0 - [\text{H}^+]} = 7,52 \cdot 10^{-3}.$$

Решение уравнения при  $C_0 = 0,75$  моль/л позволяет найти

$$[\text{H}^+] = 0,071 \text{ моль/л},$$

откуда  $pH = -\lg([\text{H}^+]) \approx 1,1$ .

**Ответ:** 1,1.

### Задача 2.2.6.5. Ученый (10 баллов)

Тема: химики России.

#### Условие

В стенах Казанского университета, где начинал свой путь будущий ученый, царил атмосфера, далекая от современного представления о химической лаборатории. Два рабочих стола, калильные печи, одна большая печь и песчаная баня без тяги — вот и весь скромный арсенал для проведения экспериментов. Опыты, требующие вытяжной вентиляции, проводились прямо на улице, независимо от времени года. Холодная зима или палящее солнце — наука не знала границ. В 1853 году отец ученого, желая обеспечить сыну более стабильное будущее, уговаривал его сменить направление деятельности и отказал во всяческой материальной поддержке. Но, вопреки всем уговорам, юноша, движимый неугасимой жаждой познания, твердо решил посвятить себя науке. В 1844 году он поступил в Петербургский университет,

но уже через три года перешел в Казанский, где стал учеником знаменитого русского химика-органика Николая Николаевича Зинина. Казалось бы, естественным продолжением было бы изучение органической химии, следуя по стопам своего учителя. Однако молодой ученый, не ограничиваясь рамками одного направления, увлекся физической химией, тогда еще только формирующейся областью знания. И хотя немцы утверждают, что приоритет в развитии физической химии принадлежит Вильгельму Оствальду, наш ученый уже в 1865 году, когда Оствальд был еще ребенком, читал студентам систематический курс по этой дисциплине.

Важным фактором, способствовавшим его успехам, была не только страсть к науке, но и способность использовать подручные средства для достижения поставленных задач. Так, исследуя явление алюминотермии, он прибегнул к изогнутому ружейному стволу в качестве реакционного сосуда. Ученый также изучал восстановительные способности других металлов, что позволило ему разработать «вытеснительный ряд металлов». Этот ряд, составленный по возрастанию активности металлов, стал неотъемлемой частью химии, помогая прогнозировать и анализировать химические реакции.

По мнению И. А. Каблукова, имя этого ученого «будет стоять в истории науки рядом с именами Д. И. Менделеева и А. М. Бутлерова и будет занесено золотыми буквами в историю науки в России».

Назовите этого ученого:

- А. Федор Федорович Бейльштейн;
- В. Николай Николаевич Бекетов;
- С. Александр Порфирьевич Бородин;
- Д. Владимир Иванович Вернадский;
- Е. Александр Абрамович Воскресенский;
- Г. Николай Дмитриевич Зелинский;
- Г. Сергей Васильевич Лебедев;
- Н. Юрий Анатольевич Овчинников;
- И. Игорь Михайлович Скурихин;
- Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

**Ответ:** В.

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

Задачи четвертой волны предметного тура по химии за 8–9 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contests.yandex.ru/contest/63470/enter/>.

### **Задача 2.2.7.1. Как выжить в космосе? (25 баллов)**

Темы: неорганическая химия, количество вещества, расчет по уравнению реакции.

### Условие

Освоение космоса имеет невероятную актуальность в наши дни, и тому есть объективные причины. Так, космонавтика позволяет развивать различные технологии, такие как системы навигации, спутниковая связь, наблюдение за погодой. В условиях изоляции и невесомости проводят биологические и медицинские исследования. Большой интерес изучение космоса вызывает у ученых как перспектива колонизация других планет или спутников в Солнечной системе, а также добыча ресурсов на астероидах.



Первостепенной задачей в обеспечении жизнедеятельности в космических аппаратах является поддержание необходимого химического состава атмосферы. В условиях замкнутого пространства уровень углекислого газа может быстро нарастать, что приводит к ухудшению самочувствия экипажа и в конечном итоге может стать причиной гибели. Поэтому регулярная очистка воздуха от углекислого газа является жизненно важной. Ранее в пилотируемых космических аппаратах для удаления углекислого газа использовались физико-химические методы — на американских космических кораблях применялись контейнеры с гидроксидом лития, а на советских — с надпероксидом калия, оба эти вещества связывают углекислый газ.

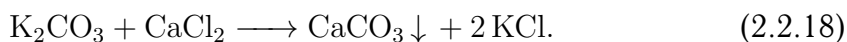
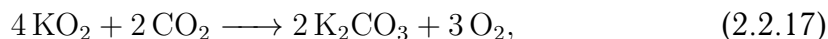
Современные технологии, используемые на борту Международной космической станции (МКС) и ранее на космической станции «Мир», используют многообразные цеолитовые поглотители углекислоты. Цеолиты представляют собой пористые минералы, которые способны эффективно поглощать молекулы углекислого газа. Регенерация цеолитов проводится в особых аппаратах, где под воздействием высоких температур они высвобождают накопленный углекислый газ в забортное пространство.

Используемый для регенерации воздуха в замкнутом пространстве надпероксид калия массой 35,5 г поместили в герметичную камеру, наполненную углекислым газом. После завершения процесса твердый остаток растворили в 100 мл воды и добавили 200 мл 15%-го раствора хлорида кальция (плотность 1,11 г/мл), в результате чего наблюдали выпадение белого осадка.

**Задание 1.** (5 баллов) При нормальных условиях определите объем поглощенного в камере углекислого газа. Ответ, выраженный в литрах, округлите до десятых.

**Решение**

Составим уравнения протекающих реакций:



Определяем количество вещества надпероксида калия:

$$n(\text{KO}_2) = \frac{35,5}{71} = 0,5 \text{ моль}.$$

По уравнению реакции 2.2.17 определяем количество вещества углекислого газа, а затем его объем:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1}{2}n(\text{K}_2\text{O}_2) = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ моль};$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л}.$$

**Ответ:** 5,6. Диапазон 5,5–5,6.

**Задание 2.** (5 баллов) При нормальных условиях определите объем выделившегося кислорода. Ответ, выраженный в литрах, округлите до десятых.

**Решение**

По уравнению реакции 2.2.17 определяем количество вещества кислорода:

$$n(\text{O}_2) = \frac{3}{4}n(\text{KO}_2) = \frac{3 \cdot 0,5}{4} = 0,375 \text{ моль};$$

$$V(\text{O}_2) = n \cdot V_m = 0,375 \cdot 22,4 = 8,4 \text{ л}.$$

**Ответ:** 8,4. Диапазон 8,3–8,5.

**Задание 3.** (7 баллов) Определите в граммах массу осадка, выпавшего из раствора (ответ округлите до целых).

**Решение**

Белый осадок, выпавший из раствора, — это карбонат кальция.

Для того чтобы рассчитать его массу, предварительно нужно определить избыток/недостаток реагирующих веществ.

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль};$$

$$m(\text{р-ра CaCl}_2) = V \cdot \rho = 200 \cdot 1,11 = 222 \text{ г};$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 222 \cdot 0,15 = 33,3 \text{ г};$$

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{m}{M} = \frac{33,3}{111} = 0,3 \text{ моль};$$

$$\text{K}_2\text{CO}_3 - \text{в недостатке}.$$

По уравнениям реакций 2.2.17 и 2.2.18 количество вещества карбоната кальция составляет:

$$\begin{aligned}n(\text{CaCO}_3) &= n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,25 \text{ моль;} \\m(\text{CaCO}_3) &= n \cdot M = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ г.}\end{aligned}$$

**Ответ:** 25.

**Задание 4.** (8 баллов) Определите в процентах массовую долю хлорида калия в полученном растворе (ответ округлите до десятых).

**Решение**

$$\begin{aligned}n(\text{KCl}) &= 2 \cdot n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ моль;} \\m(\text{KCl}) &= n \cdot M = 0,5 \cdot 74,5 = 37,25 \text{ г;} \\m(\text{р-ра}) &= m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) + m(\text{р-раCaCl}_2) - m(\text{CaCO}_3) = \\&= 100 + 0,25 \cdot 138 + 222 - 25 = 331,5 \text{ г;} \\\omega(\text{KCl}) &= \frac{37,25 \cdot 100}{331,5} = 11,2368 \approx 11,2\%.\end{aligned}$$

**Ответ:** 11,2. Диапазон 11–11,3.

### **Задача 2.2.7.2. Питательный раствор для растений (20 баллов)**

*Темы: смеси веществ, массовая доля, количество вещества.*

**Условие**

Раствор для гидропоники представляет собой специальную жидкость, предназначенную для полноценного питания растений, в которую входят минеральные соли и другие необходимые компоненты. В традиционном земледелии растения получают все необходимые для роста вещества из почвы, но гидропоника позволяет обходиться без нее, обеспечивая растения питательными веществами непосредственно через корневую систему в водной среде. Это особенно полезно в условиях ограниченного пространства или неблагоприятных почвенных условий. При создании питательного раствора для гидропоники важно учитывать специфику каждой культуры, так как разные растения требуют различных соотношений макро- и микроэлементов. Для достижения оптимального результата в гидропонике необходимо не только правильно подбирать компоненты, но и следить за их концентрацией. Неправильные пропорции могут привести к дефициту или избытку полезных веществ, что негативно скажется на здоровье растений. На протяжении многих лет различные ученые и агрономы разработали множество формул для питательных растворов, адаптированных для разных систем гидропоники. Например, известны формулы, такие как формула Туманова, Кнопа, Кидсона, Пюрдье, Шварца, Пильгрима и другие, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Эти формулы учитывают не только потребности конкретных культур, но и условия их выращивания: температура, влажность и освещение

Таким образом, раствор для гидропоники — это не просто смесь, а целая наука, требующая глубоких знаний о потребностях растений и условиях их роста.



Один из растворов для гидропоники — раствор Шварца — предполагает следующее содержание катионов в 1 л раствора, см. таблицу ниже.

Катион	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$NH_4^+$
мг/л	200	160	48	15

Рассчитайте массы солей калиевой селитры, двойного суперфосфата, кристаллического сернокислого магния, аммиачной селитры, необходимых для приготовления 1 л раствора с данным содержанием катионов.

**Задание 1.** (5 баллов) Вычислите в миллиграммах массу калийной селитры, необходимую для приготовления 1 л раствора Шварца. Ответ округлите до целых.

### Решение

Для определения массы  $KNO_3$  определим количество калия:

$$n(K^+) = \frac{200}{39} = 5,1282 \text{ ммоль} \approx 5,13 \text{ ммоль};$$

$$n(KNO_3) = n(K^+) = m(KNO_3) = n \cdot M = 5,13 \cdot 101 = 518 \text{ мг.}$$

**Ответ:** 518. Диапазон 505–518.

**Задание 2.** (5 баллов) Вычислите в миллиграммах массу двойного суперфосфата  $Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$ , необходимую для приготовления 1 л раствора Шварца. Ответ округлите до целых.

### Решение

Для определения массы двойного суперфосфата  $Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$  определим количество кальция:

$$n(Ca^{2+}) = \frac{160}{40} = 4 \text{ ммоль};$$

$$n(Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O) = n(Ca^{2+}) = 4 \text{ ммоль};$$

$$m(Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O) = n \cdot M = 4 \cdot 234 = 936 \text{ мг.}$$

**Ответ:** 936.

**Задание 3.** (5 баллов) Вычислите в миллиграммах массу кристаллического сернокислого магния  $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ , необходимую для приготовления 1 л раствора Шварца. Ответ округлите до целых.

**Решение**

Для определения массы сернокислого магния  $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$  определим количество магния:

$$\begin{aligned} n(\text{Mg}^{2+}) &= \frac{48}{24} = 2 \text{ ммоль}; \\ n(\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}) &= n(\text{Mg}^{2+}) = 2 \text{ ммоль}; \\ m(\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}) &= n \cdot M = 2 \cdot 246 = 492 \text{ мг}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 492.

**Задание 4.** (5 баллов) Вычислите массу аммиачной селитры, необходимую для приготовления 1 л раствора Шварца. Ответ выразите в миллиграммах (мг) и округлите до целых.

**Решение**

Для определения массы  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  определим количество ионов аммония  $\text{NH}_4^+$ :

$$\begin{aligned} n(\text{NH}_4^+) &= \frac{15}{18} = 0,8333 \text{ ммоль} \approx 0,83 \text{ ммоль}; \\ n(\text{NH}_4\text{NO}_3) &= n(\text{NH}_4^+) = 0,83 \text{ ммоль}; \\ m(\text{KNO}_3) &= n \cdot M = 0,83333 \cdot 80 = 67 \text{ мг (без округления)}; \\ m(\text{KNO}_3) &= n \cdot M = 0,83333 \cdot 80 = 66 \text{ мг (с округлением)}. \end{aligned}$$

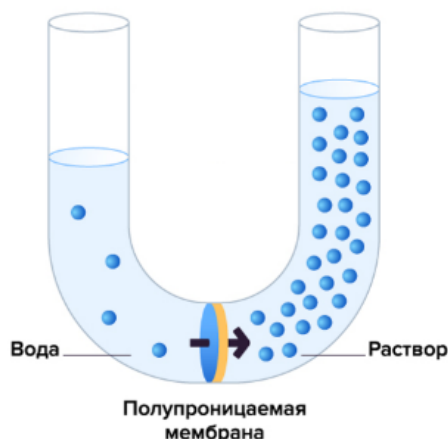
**Ответ:**  $66,5 \pm 0,5$ .

### **Задача 2.2.7.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

*Темы: концентрации, растворы, осмос.*

**Условие**

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Пores полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.



Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Но осмос значим и в быту: с древности с его помощью консервировали пищу — в соленой среде вода вытекает из клеток, что приводит к сморщиванию (весь материал внутри клетки отслаивается от клеточной стенки) и потере жизнедеятельности микроорганизмов (этот процесс называют плазмолизом).

**Задание 1.** (6 баллов) Рассчитайте массу поваренной соли, необходимую для приготовления 1,25 л рассола для засаливания огурцов (плотность  $\rho = 1\,061$  г/л), массовая доля соли в котором составляет 8,5%. Ответ приведите в граммах с точностью до десятых.

### Решение

Рассчитаем массу раствора  $m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,061 \cdot 1,25 = 1\,326$  г.

Масса соли составляет:

$$m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-ра}} \omega(\text{NaCl}) = 1\,326 \cdot 0,085 = 112,7 \text{ г.}$$

**Ответ:** 112,7. Диапазон 112–113.

**Задание 2.** (7 баллов) Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К.

Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

В терапевтических целях иногда используют гипертонические растворы — растворы, осмотическое давление которых превышает давление плазмы крови —



в такой среде вода выходит через мембрану из клетки, и клетка сжимается. Гипертонический 40%-й раствор глюкозы вводят при гипогликемии в качестве источника углеводов.



Рассчитайте величину осмотического давления 40%-го водного раствора глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) при температуре 20 °С (плотность  $\rho = 1\,172$  г/л). Ответ выразите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

### **Решение**

Рассчитаем массу 1 л раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1\,172 \cdot 1,0 = 1\,172 \text{ г.}$$

Масса глюкозы составляет:

$$m(C_6H_{12}O_6) = m_{\text{р-ра}} \omega(C_6H_{12}O_6) = 1\,172 \cdot 0,40 = 468,8 \text{ г.}$$

Количество вещества глюкозы:

$$n(C_6H_{12}O_6) = \frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{468,8}{6 \cdot 12 + 12 + 6 \cdot 16} = 2,6 \text{ моль,}$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(C_6H_{12}O_6) = \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{V} = \frac{2,6}{1} = 2,6 \text{ моль/л.}$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 2,6 \cdot 8,314 \cdot (273 + 20) = 6\,333,6$  кПа.

**Ответ:** 6 334. Диапазон 6 314–6 354.

**Задание 3.** (7 баллов) Водные растворы полимера полиэтиленгликоля (препарат «Полиоксидин») оказывают плазмозамещающее, антиагрегантное, противошоковое действие, их вводят внутривенно при острой кровопотере, посттравматическом и послеоперационном шоке. Препарат уменьшает вязкость крови за счет уменьшения вязкости плазмы и оказывает дезагрегирующее действие на форменные элементы крови, восстанавливает периферическое кровообращение, улучшает транспорт кислорода к тканям. Осмотическое давление раствора полимера мало, поэтому в состав также включают неорганические соли, чтобы сделать раствор препарата изотоничным крови.

Установите молярную массу полиэтиленгликоля, если осмотическое давление раствора, содержащего 7,5 г полимера в 0,5 л раствора, составляет 1,813 кПа при 25 °С. Ответ запишите в граммах на моль (г/моль) с точностью до целых.

### **Решение**

Молярная концентрация раствора полимера:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{1,813}{8,314 \cdot (273 + 25)} = 0,73 \text{ ммоль/л},$$

то есть количество вещества полимера  $n = CV = 0,73 \cdot 0,5 = 0,365$  ммоль.

Тогда молярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{7,5}{0,365} \cdot 1\,000 = 20\,548 \text{ г/моль}.$$

**Ответ:** 20 548. Диапазон 20 348–20 748.

### **Задача 2.2.7.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

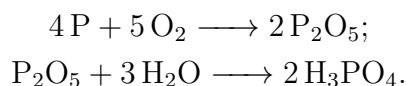
Темы: количество вещества, термохимия, электролитическая диссоциация.

#### **Условие**

Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого расплавленный белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

Этот процесс упрощенно можно описать следующими реакциями:



**Задание 1.** (7 баллов) При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, содержащего 0,7% негорючих примесей (расход фосфора 2 800 кг/ч). Ответ выразите в кубических метрах. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

**Решение**

В расчете на один час количество вещества фосфора составляет

$$n(P) = \frac{m}{M} = \frac{2800 \cdot 0,993}{31} = 89,69 \text{ кмоль},$$

тогда

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4}n(P) = 112,11 \text{ кмоль}; \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 112,11 = 224,22 \text{ кмоль}. \end{aligned}$$

Объем кислорода:

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2)V_0 = 224,22 \cdot 1000 \cdot 22,4 = 5\,022\,658 \text{ л},$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{5\,022\,658}{0,21 \cdot 1000} = 23\,917 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 23 917. Диапазон 22 240–25 590.

**Задание 2.** (6 баллов) Рассчитайте массу 70%-го раствора фосфорной кислоты, образующегося в башне. Ответ выразите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых.

**Решение**

Количество вещества фосфорной кислоты соответствует количеству фосфора  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(P) = 89,69 \text{ кмоль/ч}$ , тогда:

$$\begin{aligned} m(\text{H}_3\text{PO}_4) &= n(\text{H}_3\text{PO}_4)M = 89,69 \cdot (3 + 31 + 16 \cdot 4) = 8\,789,62 \text{ кг/ч}; \\ m_{\text{р-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) &= \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{\omega(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{8\,789,62}{0,70} = 12\,557 \text{ кг/ч}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 12 557. Диапазон 12 553–12 561.

**Задание 3.** (6 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. Рассчитайте массу угля, содержащего 10% негорючих примесей, которую удастся сэкономить при полном использовании тепла сгорания фосфора. Теплота сгорания белого фосфора в указанных условиях составляет 1 764 кДж/моль, углерода — 394 кДж/моль. Ответ запишите в килограммах в час (кг/ч) с точностью до целых.

**Решение**

Количество теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, составляет

$$Q = Q_P n(P) = 89,69 \cdot 1\,764 = 158\,213 \text{ МДж/ч},$$

тогда

$$n(C) = \frac{Q}{Q_C} = \frac{158\,213 \cdot 1\,000}{394} = 401\,556 \text{ моль/ч};$$

$$m(C) = n(C)M = 401\,556 \cdot 12 = 4\,819 \text{ кг/ч};$$

$$m_{\text{уголь}} = \frac{m(C)}{\omega(C)} = \frac{4\,819}{0,90} = 5\,354 \text{ кг/ч}.$$

**Ответ:** 5 354. Диапазон 5 350–5 358.

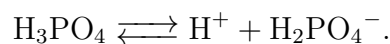
**Задание 4.** (6 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте концентрацию ионов водорода в 0,02 моль/л растворе фосфорной кислоты, если известно, что степень диссоциации кислоты по первой ступени составляет 46%, а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь. Ответ приведите в миллимоль на литр (ммоль/л) с точностью до десятых.

### Решение

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Степень диссоциации представляет собой отношение количества вещества, распавшегося на ионы, к общему количеству растворенного вещества:

$$\alpha_I = \frac{n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{n_0(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

В расчете на 1 л раствора  $n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV = 0,02 \cdot 1 = 0,02$  моль,

$$\begin{aligned} n(\text{H}^+) &= n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = \alpha_I n_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,46 \cdot 0,02 = \\ &= 0,0092 \text{ моль} = 9,2 \text{ ммоль}. \end{aligned}$$

**Ответ:** 9,2.

### **Задача 2.2.7.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)**

Тема: химики России.

#### **Условие**

Этого выдающегося ученого однажды спросили, кто такой исследователь. «В Солнечной системе, затерянной в спиральных рукавах одной из миллионов галактик, на одной из десятков миллионов планет стоит существо и пытается слабым взором охватить Вселенную. Почему ему это удастся? В чем сила этого слабого обитателя затерянной в мироздании планеты? Я думаю, в вечном беспокойстве», — ответил академик. Пожалуй, только такой «беспокойный» человек мог охватить так много — от био- и геохимии до химии космоса. В начале карьеры этот ученый работал военным врачом и даже учился в двух университетах одновременно: в Военно-медицинской академии и на химфаке Ленинградского университета. Позднее он станет химиком, ядерщиком и даже планетологом.

Под руководством своего наставника В. Вернадского ученый начнет первое в мире исследование химического состава морских организмов. Он заложит биостанцию в Мурманске и проведет экспедицию по Баренцеву и Белому морям — в результате чего покажет, что живые организмы являются необходимым этапом круговорота элементов. Позднее он изучит влияние эволюции на изменение состава организмов и обоснует биогеохимический метод поиска полезных ископаемых.

Впоследствии он займется разработкой аналитических методов определения следов химических элементов в миллионных долях процента и меньше. Исследователь станет участником атомного проекта под руководством И. Курчатова, анализируя уран, тяжелую воду и другие материалы. Этот ученый станет основателем первой в России кафедры геохимии, организатором и первым директором Института геохимии и аналитической химии. Здесь он будет заниматься геохимией редких элементов, определит средние составы главных пород Земли, а после станет основоположником космохимии. Под его руководством определят состав лунного грунта, доставленного автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20», а также состав атмосферы Венеры.

Имя этого ученого присвоено Институту геохимии, горному массиву на Луне и кратеру на Марсе, а также в его честь назван минерал, найденный на Кольском полуострове.

Назовите этого ученого:

- А. Сергей Васильевич Лебедев;
- В. Владимир Васильевич Марковников;
- С. Александр Павлович Виноградов;
- Д. Александр Михайлович Зайцев;
- Е. Николай Дмитриевич Зелинский;
- Ф. Карл Карлович Клаус;
- Г. Николай Александрович Меншуткин;
- Н. Николай Николаевич Зинин;
- И. Дмитрий Иванович Менделеев;

Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

Ответ: С.

## 2.2.8. Четвертая волна. Задачи 10–11 класса

Задачи четвертой волны предметного тура по химии за 10–11 класс открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/63487/enter/>.

### ***Задача 2.2.8.1. Как выжить в космосе? (30 баллов)***

Темы: неорганическая химия, количество вещества, расчет по уравнению реакции.

#### ***Условие***

Освоение космоса имеет невероятную актуальность в наши дни, и тому есть объективные причины. Так, космонавтика позволяет развивать различные технологии, такие как системы навигации, спутниковая связь, наблюдение за погодой. В условиях изоляции и невесомости проводят биологические и медицинские исследования. Большой интерес изучение космоса вызывает у ученых как перспектива колонизация других планет или спутников в Солнечной системе, а также добыча ресурсов на астероидах.

Первостепенной задачей в обеспечении жизнедеятельности в космических аппаратах является поддержание необходимого химического состава атмосферы. В условиях замкнутого пространства уровень углекислого газа может быстро нарастать, что приводит к ухудшению самочувствия экипажа и в конечном итоге может стать причиной гибели. Поэтому регулярная очистка воздуха от углекислого газа является жизненно важной. Ранее в пилотируемых космических аппаратах для удаления углекислого газа использовались физико-химические методы — на американских космических кораблях применялись контейнеры с гидроксидом лития, а на советских — с надпероксидом калия, оба эти вещества связывают углекислый газ.



Современные технологии, используемые на борту Международной космической станции (МКС) и ранее на космической станции «Мир», используют многообразные цеолитовые поглотители углекислоты. Цеолиты представляют собой пористые минералы, которые способны эффективно поглощать молекулы углекислого газа. Регенерация цеолитов проводится в особых аппаратах, где под воздействием высоких температур они высвобождают накопленный углекислый газ в забортное пространство.

**Задание 1.** (7 баллов) Для получения надпероксида калия, используемого для регенерации воздуха в замкнутом пространстве, расплавленный калий сожгли в атмосфере с избытком кислорода. Оказалось, что в результате реакции кроме надпероксида калия образовался и пероксид калия. В образце смеси пероксида и надпероксида калия число атомов калия составило  $7,224 \cdot 10^{23}$ , а атомов кислорода —  $1,204 \cdot 10^{24}$ .

Определите массовую долю (в процентах) надпероксида калия в смеси с пероксидом (ответ округлите до целых).

### Решение

Определим количество вещества атомов калия и кислорода:

$$n(K) = \frac{7,224 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,2 \text{ моль};$$

$$n(O) = \frac{1,204 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2 \text{ моль}.$$

Пусть  $n(KO_2) = x$  моль, а  $n(K_2O_2) = y$  моль, тогда:

$$\begin{cases} x + 2y = 1,2, \\ 2x + 2y = 2, \end{cases} \quad (2.2.19)$$

$x = 0,8$  моль,  $y = 0,2$  моль.

$$m_{KO_2} = n \cdot M = 0,8 \cdot 71 = 56,8 \text{ г};$$

$$m_{K_2O_2} = n \cdot M = 0,2 \cdot 110 = 22 \text{ г};$$

$$m_{\text{смеси}} = 56,8 + 22 = 78,8 \text{ г};$$

$$\omega_{KO_2} = \frac{56,8}{78,8} = 0,7208 \text{ или } 72\%.$$

**Ответ:** 72. Диапазон 71–73.

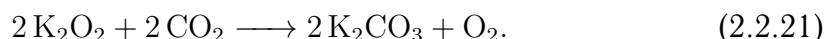
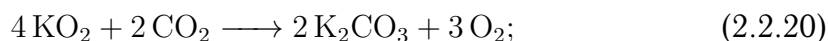
**Задание 2.** (7 баллов) Определите, какой объем углекислого газа (в литрах) может поглотиться смесью надпероксида калия и пероксида калия массой 62,3 г при стандартных условиях. Массовая доля надпероксида калия в смеси с пероксидом составляет 91,2% (ответ округлите до целого числа).

**Решение**

Определяем массы и количества надпероксида калия и пероксида калия в смеси:

$$\begin{aligned} m(\text{KO}_2) &= 62,3 \cdot 0,912 = 56,8176 \approx 56,8 \text{ г;} \\ m(\text{K}_2\text{O}_2) &= 62,3 - 56,8176 = 5,4824 \approx 5,5 \text{ г;} \\ n(\text{KO}_2) &= \frac{m}{M} = \frac{56,8}{71} = 0,8 \text{ моль;} \\ n(\text{K}_2\text{O}_2) &= \frac{m}{M} = \frac{5,5}{110} = 0,05 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Составим уравнения протекающих реакций:



По уравнениям реакций 2.2.20, 2.2.21 определяем количество вещества углекислого газа, а затем его объем при нормальных условиях.

По уравнению 2.2.20:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1}{2}n(\text{KO}_2) = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ моль.}$$

По уравнению 2.2.21:

$$\begin{aligned} n(\text{CO}_2) &= n(\text{K}_2\text{O}_2) = 0,05 \text{ моль;} \\ V(\text{CO}_2) &= n \cdot V_m = (0,4 + 0,05) \cdot 22,4 = 10,08 \text{ л.} \end{aligned}$$

В пересчете на стандартные условия (298 К) это составит:

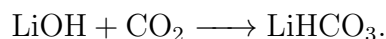
$$V(\text{CO}_2) = \frac{V_0 \cdot T_1}{T_0} = \frac{10,08 \cdot 298}{273} = 11 \text{ л.}$$

**Ответ:** 11.

**Задание 3.** (6 баллов) Какая минимальная масса гидроксида лития может поглотить 11,2 л углекислого газа (н. у.) (ответ округлите до целых).

**Решение**

Взаимодействие гидроксида лития с углекислым газом при недостатке гидроксида лития описывается уравнением:



Определяем количества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль.}$$

При соотношении веществ 1 : 1 имеем:

$$\begin{aligned} n(\text{LiOH}) &= n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль;} \\ m(\text{LiOH}) &= n \cdot M = 0,5 \cdot 24 = 12 \text{ г.} \end{aligned}$$

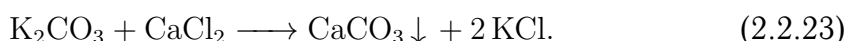
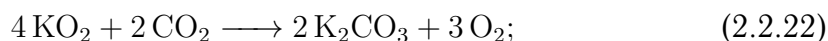
**Ответ:** 12. Диапазон 11–13.



**Задание 4.** (10 баллов) Супероксид калия массой 85,2 г прореагировал с избытком углекислого газа. После завершения процесса образовавшееся твердое вещество растворили в 200 мл воды и добавили 300 мл 20%-го раствора хлорида кальция плотностью 1,181 г/мл. Определите массовую долю хлорида калия (в процентах) в полученном растворе (ответ округлите до десятых).

**Решение**

Составим уравнения протекающих реакций:



$$n(\text{KO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{85,2}{71} = 1,2 \text{ моль}.$$

Для того чтобы рассчитать массы хлорида калия и карбоната кальция, выпадающего в виде белого осадка, предварительно нужно определить избыток/недостаток реагирующих веществ.

$$\begin{aligned} n(\text{K}_2\text{CO}_3) &= \frac{1}{2}n(\text{KO}_2) = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ моль}; \\ m(\text{р-ра CaCl}_2) &= V \cdot \rho = 300 \cdot 1,181 = 354,3 \text{ г}; \\ m(\text{CaCl}_2) &= 354,3 \cdot 0,2 = 70,86 \text{ г}; \\ n(\text{CaCl}_2) &= \frac{m}{M} = \frac{70,86}{111} = 0,638 \text{ моль} - \text{избыток}; \\ \text{AK}_2\text{CO}_3 &- \text{в недостатке.} \end{aligned}$$

Количество вещества карбоната кальция, выпавшего в осадок, по уравнению реакции составляет:

$$\begin{aligned} n(\text{CaCO}_3) &= n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,6 \text{ моль}; \\ m(\text{CaCO}_3) &= n \cdot M = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ г}; \\ n(\text{KCl}) &= 2 \cdot n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ моль}; \\ m(\text{KCl}) &= n \cdot M = 1,2 \cdot 74,5 = 89,4 \text{ г}. \end{aligned}$$

Определяем массу и массовую долю раствора:

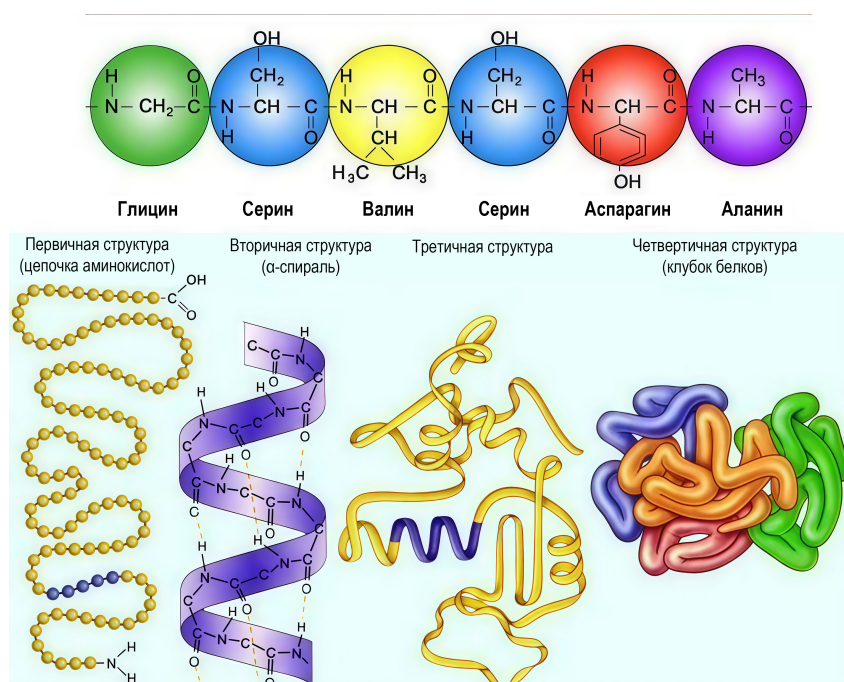
$$\begin{aligned} m(\text{р-ра}) &= m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{K}_2\text{CO}_3) + m(\text{р-ра CaCl}_2) - m(\text{CaCO}_3) = \\ &= 200 + 0,6 \cdot 138 + 354,3 \text{ г} - 60 = 577,1 \text{ г}; \\ \omega(\text{KCl}) &= 15,49 \approx 15,5\%. \end{aligned}$$

**Ответ:** 15,5. Диапазон 15,2–15,8.

**Задача 2.2.8.2. Аминокислоты — «кирпичики» белковых молекул (20 баллов)**

Темы: органическая химия, массовая доля элемента, биохимия.

## Условие



Аминокислоты играют ключевую роль в различных биотехнологических приложениях, и их использование в фармацевтической промышленности становится все более актуальным. Эти природные соединения обладают множеством полезных свойств, например, аминокислоты могут использоваться в качестве добавок к растворителям для улучшения процессов очистки белков, что является важным этапом в производстве биофармацевтических препаратов.

Одним из интересных аспектов аминокислот является их способность повышать внутриклеточное осмотическое давление, что позволяет клеткам адаптироваться к высоким концентрациям солей в окружающей среде. Эти свойства делают аминокислоты незаменимыми в биотехнологии, особенно когда речь идет о стабилизации белков.

Стабилизация белков — это важная задача, поскольку многие белки теряют свою активность при изменении условий окружающей среды, а добавление аминокислот помогает сохранить активную форму белков, предотвращая их денатурацию.

Таким образом, аминокислоты становятся неотъемлемой частью современных биотехнологий. Их применение охватывает широкий спектр областей, включая производство вакцин, терапевтических белков и других биофармацевтических препаратов. Исследования в этой области продолжаются, и, вероятно, в будущем мы увидим новые применения аминокислот, которые откроют дополнительные горизонты в биотехнологии и фармацевтике.

В процессе исследования некоторая аминокислота массой 17,4 г была подвергнута термическому разложению. Продукты сгорания были направлены последовательно через слой пентаоксида фосфора, в результате масса твердого вещества увеличилась на 12,6 г. Оставшиеся газообразные продукты были пропущены через избыток известковой воды. В результате образовался осадок, масса которого составила 60 г и 4,48 л газа (н.у.), образовавшегося в процессе горения, не поглотилась. Определите аминокислоту.

**Задание 1.** (8 баллов) Определите молекулярную формулу аминокислоты. Запишите ее в формате  $C_1H_2O_3N_4$ .

**Решение**

Определим количества веществ, образующихся в результате термического разложения аминокислоты и количества элементов, входящих в ее состав.

В процессе термического разложения аминокислот образуется углекислый газ, вода, а для серосодержащих аминокислот еще и сероводород. При пропускании газообразной смеси над пентаоксидом фосфора с ним реагирует вода с образованием фосфорной кислоты, следовательно, увеличение массы твердого вещества обусловлено водой:

$$\begin{aligned} P_2O_5 + 3 H_2O &\longrightarrow 2 H_3PO_4; \\ n(H_2O) &= \frac{12,6}{18} = 0,7 \text{ моль}; \\ n(H) &= 2 \cdot n(H_2O) = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ моль}; \\ m(H) &= n \cdot M = 1 \cdot 1 = 1,4 \text{ г}. \end{aligned}$$

Известковая вода, представляющая собой раствор гидроксида кальция, связывает углекислый газ в нерастворимый карбонат кальция:

$$\begin{aligned} Ca(OH)_2 + CO_2 &\longrightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O; \\ n(CaCO_3) &= \frac{60}{100} = 0,6 \text{ моль}; \\ n(CO_2) &= n(CaCO_3) = 0,6 \text{ моль}; \\ m(C) &= n \cdot M = 0,6 \cdot 12 = 7,2 \text{ г}. \end{aligned}$$

Непоглотившийся известковой водой газ — это инертный азот, его количество составляет:

$$\begin{aligned} n(N_2) &= \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль}; \\ n(N) &= 2 \cdot n(N_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ моль}; \\ m(N) &= n \cdot M = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \text{ г}. \end{aligned}$$

В аминокислотах содержится кислород, определяем его массу:

$$\begin{aligned} m(O) &= 17,4 - 7,2 - 1,4 - 5,6 = 3,2 \text{ г}; \\ n(O) &= \frac{3,2}{16} = 0,2 \text{ моль}; \\ n(C) : n(H) : n(O) : n(N) &= 0,6 : 1,4 : 0,2 : 0,4 = 3 : 7 : 1 : 2 (\times 2). \end{aligned}$$

Элементарная формула —  $C_3H_7ON_2$  — такой аминокислоты не существует,

$$\begin{aligned} n(C) : n(H) : n(O) : n(N) &= 3 : 7 : 1 : 2 (\times 2); \\ n(C) : n(H) : n(O) : n(N) &= 6 : 14 : 2 : 4. \end{aligned}$$

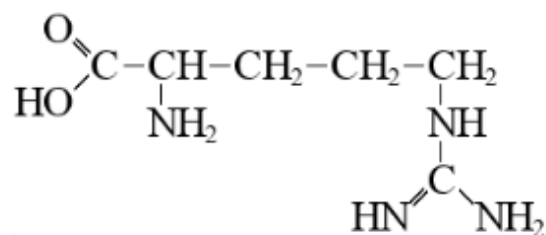
Молекулярная формула аминокислоты —  $C_6H_{14}O_2N_4$ .

**Ответ:**  $C_6H_{14}O_2N_4$ .

**Задание 2.** (5 баллов) Запишите тривиальное название данной аминокислоты.

**Решение**

Аминокислота, имеющая брутто-формулу  $C_6H_{14}O_2N_4$  — аргинин.



Аргинин интересен тем, что это аминокислота, которая является эффективным реагентом для рефолдинга рекомбинантных белков. Этот процесс, в котором белки возвращаются к своей вторичной и третичной структуре после денатурации. Аргинин способствует этому процессу, подавляя агрегацию белков и тем самым повышая эффективность рефолдинга. Уникальные свойства делают его ценным инструментом в исследованиях и разработке новых белков, особенно в фармацевтическом контексте. Кроме того, аргинин способствует сольюбилизации белков, которые находятся в рыхлых телах включения, что значительно упрощает процесс получения активных белков. Это особенно важно для разработки терапевтических белков.

**Ответ:** аргинин.

**Задание 3.** (2 балла) Какой является данная аминокислота с точки зрения синтеза в организме человека:

- 0.1. заменимой,
- 0.2. незаменимой.

В ответе укажите только цифру.

**Решение**

По значению для организма человека аминокислоты разделяют на заменимые и незаменимые. Заменимые аминокислоты — это те, которые организм может производить самостоятельно из других аминокислот и веществ, поступающих в организм. Незаменимые аминокислоты — необходимые аминокислоты, которые не могут быть синтезированы в организме. Для человека незаменимыми являются: валин, лейцин, изолейцин, метионин, триптофан, фенилаланин, треонин, лизин и гистидин.

Аргинин — **заменимая** аминокислота для организма человека.

**Ответ:** 1.

**Задача 2.2.8.3. Осмос в биологических системах (20 баллов)**

Темы: концентрации, растворы, осмос.

### Условие

Рассмотрим такую систему: мембрана, по разные стороны от которой расположены растворы с разным содержанием растворенного вещества. Пores полупроницаемой мембраны пропускают молекулы растворителя, но не молекулы растворенного вещества. Из-за того, что концентрации растворов различны, растворитель (например, вода) начнет диффундировать (перетекать) из более разбавленного раствора в более концентрированный и разбавлять его до тех пор, пока концентрация не станет равной по обе стороны мембраны. Это явление называют осмосом.



Осмотическим давлением называют величину избыточного давления на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается осмос, то есть диффузия растворителя через мембрану. Голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф установил, что для разбавленных растворов осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации частиц (молекул, ионов) растворенного вещества:

$$\pi = CRT,$$

где  $\pi$  — осмотическое давление, кПа;  $C$  — молярная концентрация частиц (молекул, ионов) растворенного вещества, моль/л;  $R$  — универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К);  $T$  — температура, К. Это открытие было отмечено первой Нобелевской премией по химии.

Мембраны всех живых клеток используют осмос для контроля поглощения необходимых веществ, поэтому он играет очень важную роль в медицине, биотехнологии и агротехнологии, особенно в гидропонике. Осмос помогает растениям расти и всасывать воду корневой системой — поскольку в клеточном соке концентрация солей и сахаров выше, чем в почвенном растворе. Это важно учитывать при внесении удобрений — если осмотическое давление почвенного раствора станет слишком большим, поступление воды в растение прекратится, и оно погибнет (например, как в засоленных почвах).

**Задание 1.** (6 баллов) При температуре 25 °С рассчитайте осмотическое давление раствора удобрения (250 г мочевины в 7,5 л воды). Ответ запишите в килопаскалях (кПа) с точностью до целых.

**Решение**

Количество вещества мочевины:

$$n(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{m(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{M} = \frac{250}{16 \cdot 2 + 28} = 4,17 \text{ моль},$$

соответственно молярная концентрация раствора

$$C(\text{NH}_2\text{CONH}_2) = \frac{n(\text{NH}_2\text{CONH}_2)}{V} = \frac{4,17}{7,5} = 0,56 \text{ моль/л}.$$

Осмотическое давление  $\pi = CRT = 0,56 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25) = 1\,387 \text{ кПа}$ .

**Ответ:** 1 387. Диапазон 1 350–1 400.

**Задание 2.** (7 баллов) В медицине при внутривенном введении используют изотонические растворы — растворы, осмотическое давление которых соответствует давлению плазмы крови — в такой среде вода не поступает в клетку и не выводится из клетки, что предотвращает от повреждения эритроциты. Изотонический раствор хлорида натрия применяют как дезинтоксикационное средство, для коррекции состояния систем организма в случае обезвоживания и как растворитель других лекарственных препаратов.



Рассчитайте массовую долю хлорида натрия в разбавленном растворе, осмотическое давление которого при температуре 37 °С составляет 5 199 кПа (плотность примите  $\rho = 1\,035 \text{ г/л}$ ). Ответ запишите в процентах с точностью до сотых.

**Решение**

Рассчитаем концентрацию частиц в растворе, исходя из величины осмотического давления:

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{5\,199}{8,314 \cdot (273 + 37)} = 2,02 \text{ моль/л}.$$

Хлорид натрия — электролит, диссоциирующий в растворе на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Поскольку точная степень диссоциации в информации не указана, а раствор является разбавленным, ее можно принять равной 100%.

Тогда концентрация хлорида натрия составляет:

$$C(\text{NaCl}) = \frac{C}{2} = \frac{2,02}{2} = 1,01 \text{ моль/л},$$

а масса соли в 1 л раствора:

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M = C(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M = 1,01 \cdot 1 \cdot (23 + 35,5) = 59,09 \text{ г.}$$

Массовая доля в растворе

$$\omega = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{59,09}{1 \cdot 1035} \cdot 100 = 5,7\%.$$

**Ответ:** 5,7. Диапазон 5,5–5,9.

**Задание 3.** (7 баллов) Измерение осмотического давления является одним из распространенных методов определения молекулярной массы полимера, влияющей на его свойства. Например, полипропилен с высокой молекулярной массой обладает более высокими показателями предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, ударной вязкости при изгибе и растяжении. Мембранный осмометр основан на измерении разности давлений — например, по разности высот в капиллярах раствора и растворителя, поскольку гидростатическое давление уравнивает осмотическое.

Установите молекулярную массу полипропилена, если разность высот жидкости в осмометре для его раствора в тетралине, содержащего 2,5 г в 250 мл раствора, составляет 2,1 см при 20 °С. Ответ выразите в килограммах на моль (кг/моль) с точностью до целых. Плотность тетралина и раствора 973 кг/м<sup>3</sup>.

### **Решение**

Гидростатическое давление столба жидкости уравнивает осмотическое давление, для удобства расчета используем единицы измерения системы СИ:

$$\pi = CRT = \rho g \Delta h = 973 \cdot 9,8 \cdot (2,1 \cdot 10^{-2}) = 200 \text{ Па.}$$

Молярная концентрация раствора полимера составляет

$$C = \frac{\pi}{RT} = \frac{200}{8,314 \cdot (273 + 20)} = 0,082 \text{ моль/м}^3,$$

то есть количество вещества полимера

$$n = CV = 0,082 \cdot \frac{0,1}{1000} = 0,008 \text{ ммоль.}$$

Тогда молекулярная масса

$$M = \frac{m}{n} = \frac{2,5}{0,008} = 312,5 \text{ кг/моль.}$$

**Ответ:** 312,5. Диапазон 290–320.

### **Задача 2.2.8.4. Е338: производство и применение (25 баллов)**

Темы: количество вещества, термохимия, химическое равновесие.

### Условие

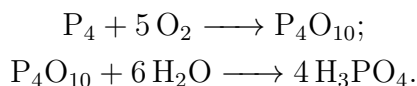
Ортофосфорная кислота используется в самых разных областях — в производстве удобрений и чистящих средств, для деревообработки и очистки металла от ржавчины, в стоматологии для реставрации зубов и в ювелирном деле при пайке. Также она зарегистрирована в качестве пищевой добавки Е338, которую можно встретить в составе мармеладов, сиропов и напитков, хлебобулочных изделий, сыров и плавленых сырков.

Пищевую фосфорную кислоту производят термическим способом, позволяющим получить концентрированный продукт с меньшим содержанием примесей — для этого белый фосфор сжигают в воздухе и подвергают образующийся оксид фосфора (V) гидратации.

**Задание 1.** (8 баллов) При нормальных условиях рассчитайте объем воздуха, который необходимо подавать в башню (камеру сжигания) в 1 ч для сжигания фосфора, если известно, что расход образующегося в башне 70%-го раствора фосфорной кислоты составляет 2 200 кг/ч. Ответ приведите в кубических метрах с точностью до целых. Учтите, что для предотвращения образования оксида фосфора (III) в башню подают двукратный избыток воздуха по сравнению с расчетным количеством.

### Решение

Запишем уравнения происходящих реакций:



Масса фосфорной кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = m_{\text{р-ра}} \omega_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 2\,200 \cdot 0,70 = 1\,540 \text{ кг/ч.}$$

Количество вещества фосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M} = \frac{1\,540}{3 + 31 + 16 \cdot 4} = 15,71 \text{ кмоль/ч,}$$

что соответствует расчетному количеству вещества кислорода

$$\begin{aligned} n_{\text{теор}}(\text{O}_2) &= \frac{5}{4} n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 19,64 \text{ кмоль/ч;} \\ n_{\text{практ}}(\text{O}_2) &= 2n_{\text{теор}}(\text{O}_2) = 2 \cdot 19,64 = 39,28 \text{ кмоль/ч.} \end{aligned}$$

Объем кислорода

$$V(\text{O}_2) = n_{\text{практ}}(\text{O}_2) V_0 = 39,28 \cdot 1\,000 \cdot 22,4 = 880\,000 \text{ л,}$$

объем воздуха

$$V_{\text{возд}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\chi(\text{O}_2)} = \frac{880\,000}{0,21 \cdot 1\,000} = 4\,190 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** 4 190. Диапазон 3 890–4 490.



**Задание 2.** (8 баллов) Использование теплоты, выделяющейся при сгорании фосфора, позволяет значительно увеличить энергоэффективность проведения процесса. При стандартных условиях рассчитайте теплоту, которая выделяется в ходе проходящих реакций при образовании указанного в задании № 1 количества фосфорной кислоты. Используйте данные таблицы, ответ приведите в мегаджоулях (МДж) с точностью до целых.

Вещество	$P_4O_{10(тв)}$	$H_3PO_{4(ж)}$	$H_2O_{(ж)}$
Теплота образования, кДж/моль	2 984,03	1 266,90	285,83

### Решение

В соответствии со следствием из закона Г. И. Гесса теплоту каждой из протекающей реакции можно выразить как разность между суммами теплот образования продуктов и реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned}\Delta_r Q &= \sum n_i Q_f(\text{прод}) - \sum n_j Q_f(\text{реаг}); \\ \Delta_{r1} Q &= Q_f(P_4 O_{10(тв)}) - Q_f(P_{4(тв)}) - 5Q_f(O_{2(г)}); \\ \Delta_{r2} Q &= 4Q_f(H_3PO_{4(ж)}) - 6Q_f(H_2 O_{(ж)}) - Q_f(P_4 O_{10(тв)}).\end{aligned}$$

С учетом того, что теплоты образования простых веществ равны нулю, получим:

$$\begin{aligned}\Delta_{r1} Q &= 2\,984,03 \text{ кДж/моль}; \\ \Delta_{r2} Q &= 4 \cdot 1\,266,90 - 6 \cdot 285,83 - 2\,984,03 = 368,59 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

В расчете на 4 моль фосфорной кислоты

$$Q_R = \Delta_{r1} Q + \Delta_{r2} Q = 3\,352,62 \text{ кДж/моль}.$$

Тогда

$$Q = Q_R \cdot \frac{n(H_3PO_4)}{4} = 3\,352,62 \cdot \frac{15,71}{4} = 13\,167 \text{ МДж}.$$

**Ответ:** 13 167. Диапазон 13 080–13 250.

**Задание 3.** (9 баллов) В качестве пищевой добавки ортофосфорная кислота выступает регулятором кислотности и консервантом: кислая среда препятствует размножению микроорганизмов и порче продукта. Именно наличие фосфорной кислоты в составе обуславливает способность газированных напитков растворять ржавчину и очищать бытовые поверхности, о которой снято много интернет-роликов. Впрочем, имеются сведения о стимулировании фосфорной кислотой вымывания кальция из организма и ее негативном влиянии на зубную эмаль при чрезмерном употреблении.



Рассчитайте  $pH$  0,35 моль/л раствора фосфорной кислоты с точностью до десятых, если известно, что константа диссоциации кислоты по первой ступени составляет  $7,52 \cdot 10^{-3}$ , а диссоциацией по второй и третьей ступени можно пренебречь.

### Решение

Запишем уравнение диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени:



Выражение для константы диссоциации:

$$K_I = \frac{[H_2PO_4^-][H^+]}{[H_3PO_4]},$$

где в квадратных скобках указаны равновесные концентрации.

Тогда

$$[H_2PO_4^-] = [H^+], [H_3PO_4] = C_0 - [H^+];$$

$$K_I = \frac{[H^+]^2}{C_0 - [H^+]} = 7,52 \cdot 10^{-3}.$$

Решение уравнения при  $C_0 = 0,35$  моль/л позволяет найти

$$[H^+] = 0,051 \text{ моль/л},$$

откуда  $pH = -\lg([H^+]) \approx 1,3$ .

**Ответ:** 1,3.

### Задача 2.2.8.5. Химию, как и любую науку, делают люди (10 баллов)

Тема: химики России.

#### Условие

Этого выдающегося ученого однажды спросили, кто такой исследователь. «В Солнечной системе, затерянной в спиралях одной из миллионов галактик, на одной из десятков миллионов планет стоит существо и пытается слабым взором охватить Вселенную. Почему ему это удастся? В чем сила этого слабого обитателя затерянной в мироздании планеты? Я думаю, в вечном беспокойстве», — ответил академик. Пожалуй, только такой «беспокойный» человек мог охватить так много — от био- и геохимии до химии космоса. В начале карьеры этот ученый работал военным врачом и даже учился в двух университетах одновременно: в Военно-медицинской академии и на химфаке Ленинградского университета. Позднее он станет химиком, ядерщиком и даже планетологом.

Под руководством своего наставника В. Вернадского ученый начнет первое в мире исследование химического состава морских организмов. Он заложит биостанцию

в Мурманске и проведет экспедицию по Баренцеву и Белому морям — в результате чего покажет, что живые организмы являются необходимым этапом круговорота элементов. Позднее он изучит влияние эволюции на изменение состава организмов и обоснует биогеохимический метод поиска полезных ископаемых.

Впоследствии он займется разработкой аналитических методов определения следов химических элементов в миллионных долях процента и меньше. Исследователь станет участником атомного проекта под руководством И. Курчатова, анализируя уран, тяжелую воду и другие материалы. Этот ученый станет основателем первой в России кафедры геохимии, организатором и первым директором Института геохимии и аналитической химии. Здесь он будет заниматься геохимией редких элементов, определит средние составы главных пород Земли, а после станет основоположником космохимии. Под его руководством определяют состав лунного грунта, доставленного автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20», а также состав атмосферы Венеры.

Имя этого ученого присвоено Институту геохимии, горному массиву на Луне и кратеру на Марсе, а также в его честь назван минерал, найденный на Кольском полуострове.

Назовите этого ученого:

- А. Сергей Васильевич Лебедев;
- В. Владимир Васильевич Марковников;
- С. Александр Павлович Виноградов;
- Д. Александр Михайлович Зайцев;
- Е. Николай Дмитриевич Зелинский;
- Г. Карл Карлович Клаус;
- Г. Николай Александрович Меншуткин;
- Н. Николай Николаевич Зинин;
- И. Дмитрий Иванович Менделеев;
- Ж. Алексей Евграфович Фаворский.

**Ответ:** С.

## 2.3. Предметный тур. Биология

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

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

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

*Тема: биология растений.*

##### ***Условие***

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

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

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

Выберите признаки, характерные для растений класса Хвощевидные:

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

##### ***Решение***

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

**Ответ:** 1, 2.

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

*Тема: анатомия.*

**Условие**

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

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

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

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

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

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

Тема: микробиология.

**Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин.

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

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

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

### **Решение**

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

**Ответ:** АААББААААА.

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

*Тема: биология растений.*

#### **Условие**

В лаборатории «Агробιοтехнологии» вывели новый сорт декоративного растения.

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

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

Составьте формулу цветка для данного растения.

#### **Справочный материал**

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

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

### **Решение**

Пользуясь текстом задачи и справочным материалов, составим формулу цветка.

**Ответ:** C5C05A10G(5).

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

*Тема: физиология человека и животных.*

### **Условие**

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

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

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

**Ответ:** 1, 3, 4, 5, 6.

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

Тема: зоология позвоночных.

#### **Условие**

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

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

**Ответ:** 1, 2, 4.

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

Тема: физиология человека и животных.

#### **Условие**

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

Какие особенности прионов можно выделить? Выберите верные ответы.

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



**Ответ:** 1, 3, 5.

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

*Тема: зоология.*

#### **Условие**

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

Для чего животные могут использовать фотофоры? Выберите верные ответы.

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

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

**Ответ:** 4, 5, 6.

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

*Тема: ученые.*

#### **Условие**

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

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

Назовите этого ученого.

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

**Ответ:** 3.

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

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

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

*Тема: генетика.*

##### **Условие**

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

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

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

Таблица 2.3.1. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

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

### Решение

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

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

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

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

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

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

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.1):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.2

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

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.3

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

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 3.

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

Тема: цитология.

#### **Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 1 — С, 2 — А, 3 — В.

### Задача 2.3.2.3. Микромир (15 баллов)

Тема: микробиология.

#### Условие

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

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

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

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

#### Решение

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

Ответ: АААБВВБББАБАБАБ.

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

Тема: микробиология.

**Условие**

Подсчитайте количество эритроцитов в образце крови, используя камеру Горяева.

Для этого выполните следующие шаги:

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

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

В пяти больших квадратах насчитали 250 эритроцитов.

Ответ дайте в количестве клеток на 1 мл.

**Решение**

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

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

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

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

Подставим эти значения в формулу

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

получим

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

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

**Ответ:** 2 500 000.

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

Тема: физиология человека и животных.

**Условие**

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

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

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

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

Какие из следующих утверждений верны?

Выберите верные ответы.

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

**Ответ:** 2, 3, 4, 6.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

**Условие**

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

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

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

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

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

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

Тема: физиология человека и животных.

#### **Условие**

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

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

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

Выберите верные ответы.

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



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

**Ответ:** 1, 2, 3.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

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

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

Какие механизмы участвуют в стрессовой реакции организма?

Выберите верные ответы.

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

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

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

*Тема: ученые.*

#### ***Условие***

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

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

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

**Ответ:** 3.

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

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

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

*Тема: биология растений.*

##### ***Условие***

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

Выберите элементы, не характерные для описания строения листа растения:

1. ксилема,
2. флоэма,

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

### **Решение**

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

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

Мицелий — это вегетативное тело грибов и актиномицетов.

**Ответ:** 4, 6.

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

Тема: анатомия.

#### **Условие**

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

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

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

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

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

Тема: биология растений.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенных.

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

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

#### **Решение**

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

**Ответ:** АБВАБАВАА.

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

Тема: пищевые цепи.

#### **Условие**

В экосистеме озера обитают следующие организмы:

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

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

### **Решение**

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

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

**Ответ:** 47 000 кг.

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

Тема: зоология.

#### **Условие**

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

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

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

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

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

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

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

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

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

Какие из следующих утверждений о сне верны?

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

**Ответ:** 2, 3, 4, 5, 7.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

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

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 5.

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

*Тема: генетика.*

#### ***Условие***

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

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

Какие именно? Выберите верные ответы:

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

**Ответ:** 1, 3, 4, 5.

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

*Тема: ученые.*

### **Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 6.

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

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

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

*Тема: биология растений.*



**Условие**

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

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

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

Таблица 2.3.4. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

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

**Решение**

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

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

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

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

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.4):

**Вариант А**

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.5

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

Поколение единообразно, условию задачи не соответствует.

**Вариант Б**

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.6

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

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 1.

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

Тема: микробиология.

**Условие**

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

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

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения.

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

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

Ответ: 1 — В, 2 — С, 3 — А.

### Задача 2.3.4.3. Метаболизм (15 баллов)

Тема: внутриклеточные биохимические реакции.

#### Условие

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

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

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

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

#### Решение

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

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

Ответ: АБААББААБАБВ.

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

Тема: микробиология.

#### **Условие**

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

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

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

#### **Решение**

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

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

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

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

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

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

**Ответ:** 375 000.

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

Тема: физиология человека и животных.

#### **Условие**

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

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

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

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 4, 7.

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

Тема: зоология.

#### **Условие**

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

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

#### **Вид паразита**

1. Токсоплазма. (*Toxoplasma gondii*)

#### **Симптомы/основные хозяева**

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

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

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

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

Тема: зоология.

#### **Условие**

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 6.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 4.

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

*Тема: ученые.*

### **Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 6.

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

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

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

*Тема: биология растений.*



**Условие**

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

Выберите элементы, которые характерны для растительной почки:

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

**Решение**

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

**Ответ:** 1, 2, 3.

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

Тема: анатомия.

**Условие**

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

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

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

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

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

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

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

Тема: микробиология.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин.

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

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

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

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

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

#### **Решение**

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

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

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

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

**Ответ:** ААБВАБААВАББВ.

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

*Тема: пищевые цепи.*

#### **Условие**

В лесной экосистеме обитают следующие организмы:

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

В начальный момент времени дуб производит 5 000 единиц энергии.

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

#### **Решение**

Пользуясь правилом 10% рассчитаем получаемое от дуба ежедневно:

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

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

То есть всего может быть 25 особей хищных птиц.

**Ответ:** 25.

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

*Тема: эволюция.*

**Условие**

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

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

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

**Ответ:** 1, 3, 4.

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

Тема: ботаника.

**Условие**

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



Рис. 2.3.1. Зерна пшеницы, пораженные фузариозом

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

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

1. Бурая ржавчина (*Puccinia recondita*).

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

**Ответ:** 1, 3, 4, 6.

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

Тема: генетика.

#### **Условие**

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

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

Какие из следующих утверждений о секвенировании ДНК верны?

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

**Ответ:** 1, 3, 5.

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

Тема: микробиология.

**Условие**

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

Какие из следующих заболеваний известны своей устойчивостью к антибиотикам?

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

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

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

Тема: ученые.

**Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 4.

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

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

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

*Тема: генетика.*

##### **Условие**

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

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

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

Таблица 2.3.9. Решетка Пеннета

♂				
♀				

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

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

### Решение

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

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

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

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

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.9):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.10

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

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.11

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



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

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 3.

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

Тема: микробиология.

#### **Условие**

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

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

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

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

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

Тема: генетика.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

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

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

### **Решение**

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

**Ответ:** ААААААААВ.

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

Тема: микробиология.

### **Условие**

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

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

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

В ответ занесите концентрацию в клетках на 1 мл.

### **Решение**

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

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

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

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

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

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

**Ответ:** 375 000.

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

Тема: зоология.

#### **Условие**

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

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

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

*Тема: микробиология.*

#### **Условие**

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

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

Сопоставьте антибиотики с их основными механизмами действия.

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

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

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

### Задача 2.3.6.7. Паразиты (12 баллов)

Тема: ботаника.

#### Условие

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

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

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

Какие из перечисленных относятся к растениям-паразитам?

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### Задача 2.3.6.8. Аллергия (12 баллов)

Тема: физиология человека и животных.

#### Условие

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

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

Какие механизмы участвуют в развитии аллергической реакции у человека?

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 6.

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

*Тема: ученые.*

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

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

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

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

**Ответ:** 4.

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

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

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

Тема: микробиология.

##### Условие

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

Выберите элементы, характерные для амёбы:

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

##### Решение

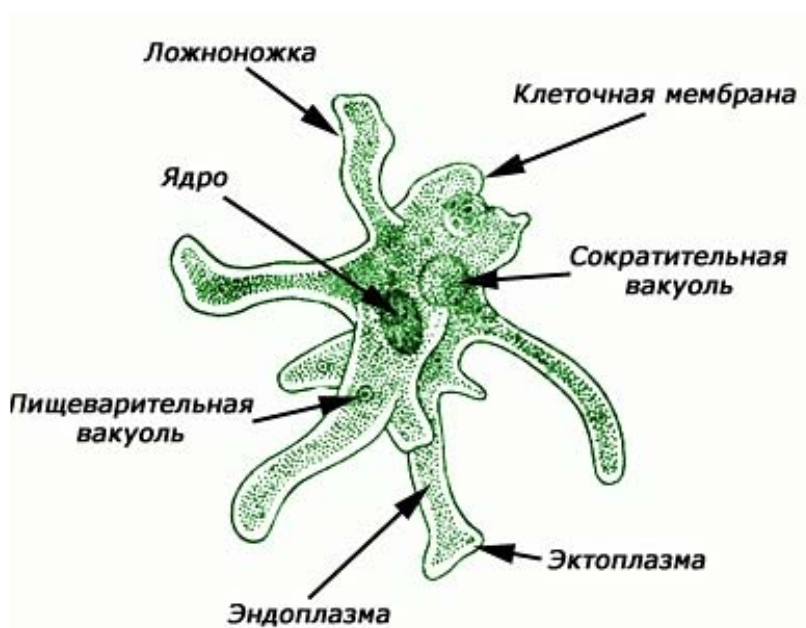


Рис. 2.3.2

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

**Ответ:** 1, 2, 4, 5, 8.

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

Тема: физиология.

#### **Условие**

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

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

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

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

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

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

Тема: физиология человека.

#### **Условие**

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

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



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

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

### **Решение**

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

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

**Ответ:** БААББББААВВВБАББА.

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

Темы: пищевые цепи, биология растений.

#### **Условие**

В экосистеме озера обитают следующие организмы:

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

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

### Решение

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

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

**Ответ:** 90 000.

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

Тема: зоология.

#### Условие

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

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

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 4.

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

Тема: генетика.

**Условие**

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

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

Какие из следующих утверждений о трисомиях у человека верны?

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

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

Тема: вирусология.

**Условие**

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

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

Выберите все верные характеристики вируса бешенства.

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

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

**Ответ:** 2, 3, 4, 5, 7.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

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

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

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

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

**Ответ:** 1, 2.

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

*Тема: ученые.*

**Условие**

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

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

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

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

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

**Ответ:** 6.

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

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

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

*Тема: генетика.*

**Условие**

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

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

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

Таблица 2.3.12. Решетка Пеннета

♂				
♀				

Выберите правильный вариант ответа:

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

### Решение

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

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

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

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

Проверим на решетке Пеннета (таблица 2.3.12):

#### Вариант А

Мира —  $aaBB$ .

Макс —  $AAbb$ .

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

Поклоение единообразно, условию задачи не соответствует.

#### Вариант Б

Мира —  $aaBb$ .

Макс —  $AAbb$ .

Таблица 2.3.13

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

Распределение верное, условию задачи соответствует.

**Ответ:** 1.

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

Тема: генетика.

#### **Условие**

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

Пользуясь информацией ниже, сопоставьте термины и их определения.

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

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

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

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

Тема: ботаника.

#### **Условие**

Прочитайте текст и выберите верный термин из предложенного списка.

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

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

### **Решение**

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

**Ответ:** ААБАВББА.

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

*Тема:* микробиология.

### **Условие**

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

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



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

Исходные данные.

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

### **Решение**

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

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

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

Конечное время  $t_6 = 6 \text{ ч}$ .

Рассчитаем скорость роста колонии:

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

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

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

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

Тема: эмбриология.

#### **Условие**

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

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

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

Выберите, какие из следующих механизмов важны для клеточной дифференцировки?

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

**Ответ:** 1, 2, 3, 5, 7.

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### ***Условие***

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

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

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

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

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

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

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

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

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

Какие процессы играют ключевую роль в пищеварении?

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

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

### **Задача 2.3.8.8. Альцгеймер и Паркинсон (12 баллов)**

*Тема: физиология человека и животных.*

#### **Условие**

Крупное 17-летнее исследование с участием 62 млн пожилых людей, проведенное в США, показало, что жизнь в районе с большим количеством зелени в пожилом возрасте связана с меньшим числом первых госпитализаций по поводу болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера и связанных с ней деменций. Результаты работы опубликованы в JAMA Network Open в 2022 году.

Какие факторы могут способствовать развитию нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона?

1. Накопление бета-амилоидных бляшек в мозге.
2. Дефицит дофамина в базальных ганглиях.
3. Высокий уровень физической активности.
4. Генетическая предрасположенность.
5. Сниженный уровень гормона роста.
6. Длительное воздействие стресса.
7. Накопление меланина в коже.

**Ответ:** 1, 2, 4, 6.

### ***Задача 2.3.8.9. Вакцина против чумы (5 баллов)***

*Тема: ученые.*

#### ***Условие***

Этот человек был выдающимся микробиологом и эпидемиологом, внесшим значительный вклад в борьбу с инфекционными заболеваниями. Одним из наиболее значительных его достижений стала разработка первой эффективной вакцины против чумы. В 1893 году он начал свою работу в Париже в Пастеровском институте, где под руководством Мечникова и Луи Пастера изучал микробиологию и иммунологию. В 1896 году ученый был приглашен в Индию для борьбы с эпидемией чумы. Он создал и успешно испытал вакцину против чумы, что позволило спасти тысячи жизней. Его метод вакцинации получил широкое признание и стал важным инструментом в борьбе с эпидемиями. Кроме того, он разработал вакцину против холеры, которую также испытал в условиях эпидемии в Индии. Эта вакцина оказалась эффективной и внесла значительный вклад в снижение смертности от этого опасного заболевания. Благодаря его усилиям, смертность от холеры и чумы существенно сократилась, что сделало его имя известным во всем мире.

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

**Ответ:** 6.

## 2.4. Инженерный тур

Задачи первого этапа инженерного тура открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/66692/enter/>.

Задания инженерного этапа по профилю Инженерные биологические системы посвящены погружению в прикладное применение знаний, относящихся к таким школьным предметам, как химия и биология. Большая часть заданий посвящена вопросам растениеводства, ботанике, методам интенсифицированного роста и развития растений. Кроме того, встречаются расчетные задачи по основам биотехнологии, а также простые инженерно-конструкторские задачки и задачи на циклы с ограничениями.

### **Задача 2.4.1. Лекарственные растения (6 баллов)**

Тема: ботаника.

#### **Условие**

В качестве растительного сырья применяется многолетнее травянистое растение с красноватыми прямостоячими разветвляющимися стеблями, при густом опушении принимающими сероватый оттенок.

Стебли крепкие, имеют «грани» и могут быть прямоугольными в сечении.

Листья имеют в очертании заостренную, чуть вытянутую форму и частично разделены на пальчатые секции.

Какому растению соответствует данное описание?

1. Пустырник.
2. Борщевик.
3. Солодка.
4. Мята.

#### **Решение**

Пользуясь ботаническим описанием растения и данными задачи сделаем вывод, что речь идет о пустырнике.

Ответ: 1.

### **Задача 2.4.2. Лекарственные растения (6 баллов)**

Темы: ситифермерство, растениеводство.

**Условие**

Известно, что растения поступают на производство целиком и поставляются с ситифермы, где используется способ выращивания, при котором питательный раствор поступает в виде аэрозоля непосредственно к корням растений.

Как называется такой способ выращивания растений?

1. Гидропонный.
2. Гидроскопический.
3. Аквапонный.
4. Аэропонный.
5. Прикорневой.
6. Микроклональный.

**Решение**

Пользуясь материалами образовательного курса и текстом задачи с описанием метода, сделаем вывод о том, что речь идет про аэропонику.

**Ответ:** 4.

**Задача 2.4.3. Лекарственные растения (6 баллов)**

*Темы: растениеводство, ботаника.*

**Условие**

Поступившие на производство растения промывают, разделяют на части, отделяют от общей массы части растения, в которых содержится целевое вещество, очищают при необходимости и измельчают.

В каких частях растения может находиться полезное — целевое вещество?

1. Корневища.
2. Плоды.
3. Цветки.
4. Стебель.
5. Листья.
6. В любых частях растения, в зависимости от вида и сорта растения.

**Решение**

Пользуясь материалами образовательного курса и текстом задачи, сделаем вывод о том, что речь может идти про любые части растений, в зависимости от вида.

**Ответ:** 6.

**Задача 2.4.4. Извлечение полезных веществ (6 баллов)**

Темы: химия, фармакология.

**Условие**

Для того чтобы выделить из измельченной смеси целевое вещество, готовят водный раствор и проводят извлечение этанолом 80%. На какие параметры процесса может повлиять природа вещества-растворителя?

1. Разные растворители могут извлекать разные вещества из раствора.
2. Все вещества одинаково извлекают вещества из растворов.
3. Разные растворители по-разному влияют на сохранность извлекаемых веществ. Некоторые из них могут быть агрессивны.
4. Ответы 1–3 верны.
5. Ответы 1–3 ложны.

**Решение**

Пользуясь открытой информацией и текстом задачи, сделаем вывод о том, что речь может идти про все предложенные ответы 1–3.

**Ответ:** 4.

**Задача 2.4.5. Формулы веществ (6 баллов)**

Тема: химия.

**Условие**

Запишите химические формулы этанола и этилового спирта, используя латинские буквы и цифры, а также пробел в качестве разделителя. Например: «ААА БББ».

**Решение**

Пользуясь открытой информацией узнаем, что формула этанола  $C_2H_5OH$ , а этиловый спирт — его второе название по номенклатуре.

**Ответ:**  $C_2H_5OH$   $C_2H_5OH$ .

**Задача 2.4.6. Количество сырья (7 баллов)**

Тема: химия.

**Условие**

Известно, что исходное сырье состояло из верхушек цветущего растения, стеблей, корней и корневищ, масса которых распределена в пропорции 3 : 2 : 3 соответственно. Общая масса сырья составляет 80 кг. Потери при обработке и разделении сырья составляют 10% (по массе).

Какая масса корней и корневищ была получена? Ответ запишите в килограммах с точностью до целого числа.

**Решение**

$$\begin{aligned}\frac{80}{3 + 2 + 3} &= 10 \text{ кг;} \\ 10 - 10 \cdot 0,1 &= 9 \text{ кг;} \\ 9 \cdot 3 &= 27 \text{ кг.}\end{aligned}$$

**Ответ:** 27.

**Задача 2.4.7. Технологическая схема (10 баллов)**

Тема: биотехнологии.

**Условие**

Для приготовления водного раствора берут навеску измельченной части растения, содержащей набор целевых веществ, просеянных через мелкое сито, и заливают дистиллированной водой комнатной температуры. Затем полученный раствор выдерживают на водяной бане при кипении, охлаждают, под давлением пропускают через мелкие сита и отжимают сформировавшуюся твердую сырьевую массу.

Выберите блок-схему или технологическую схему процесса, описанного выше.



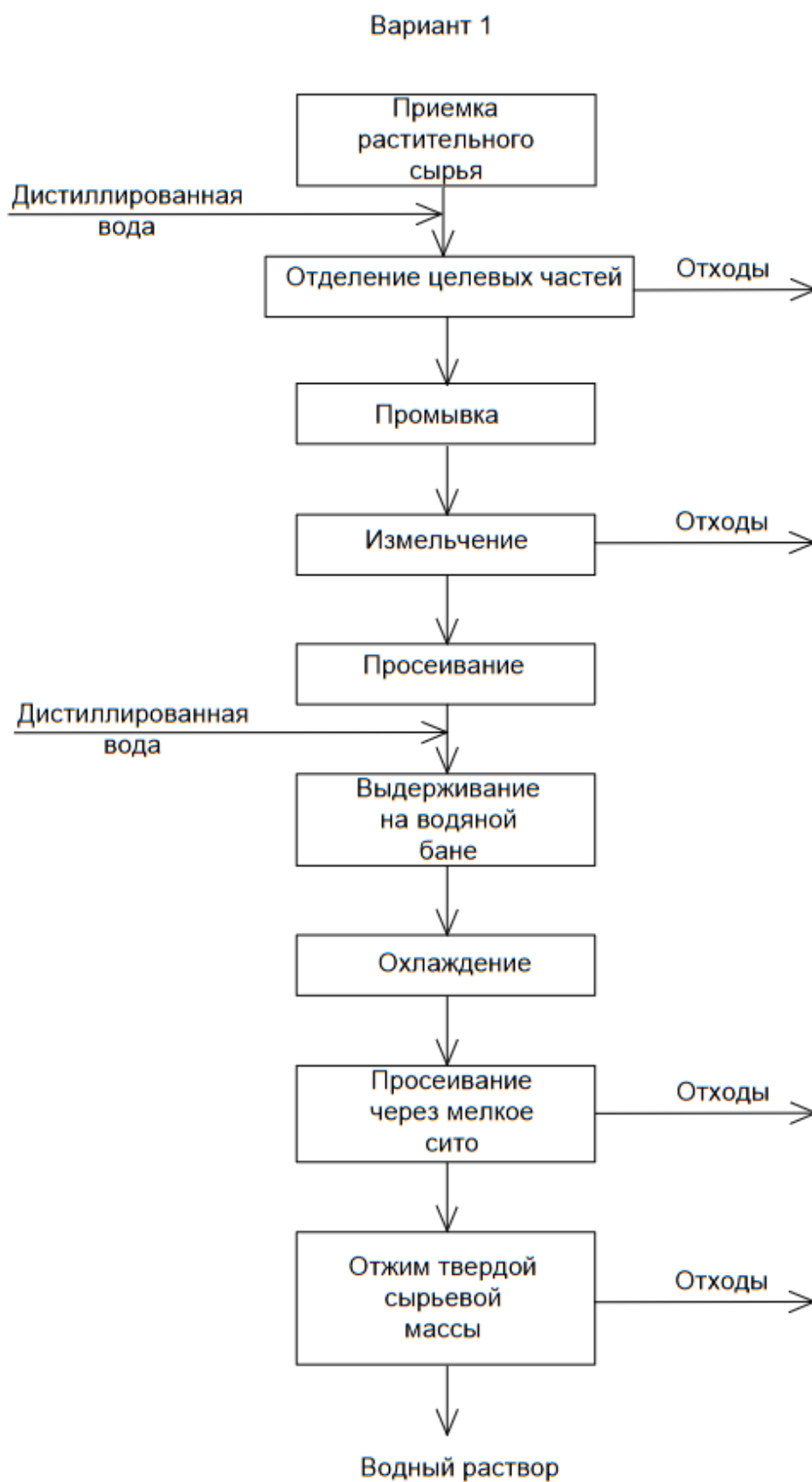


Рис. 2.4.1



Рис. 2.4.2

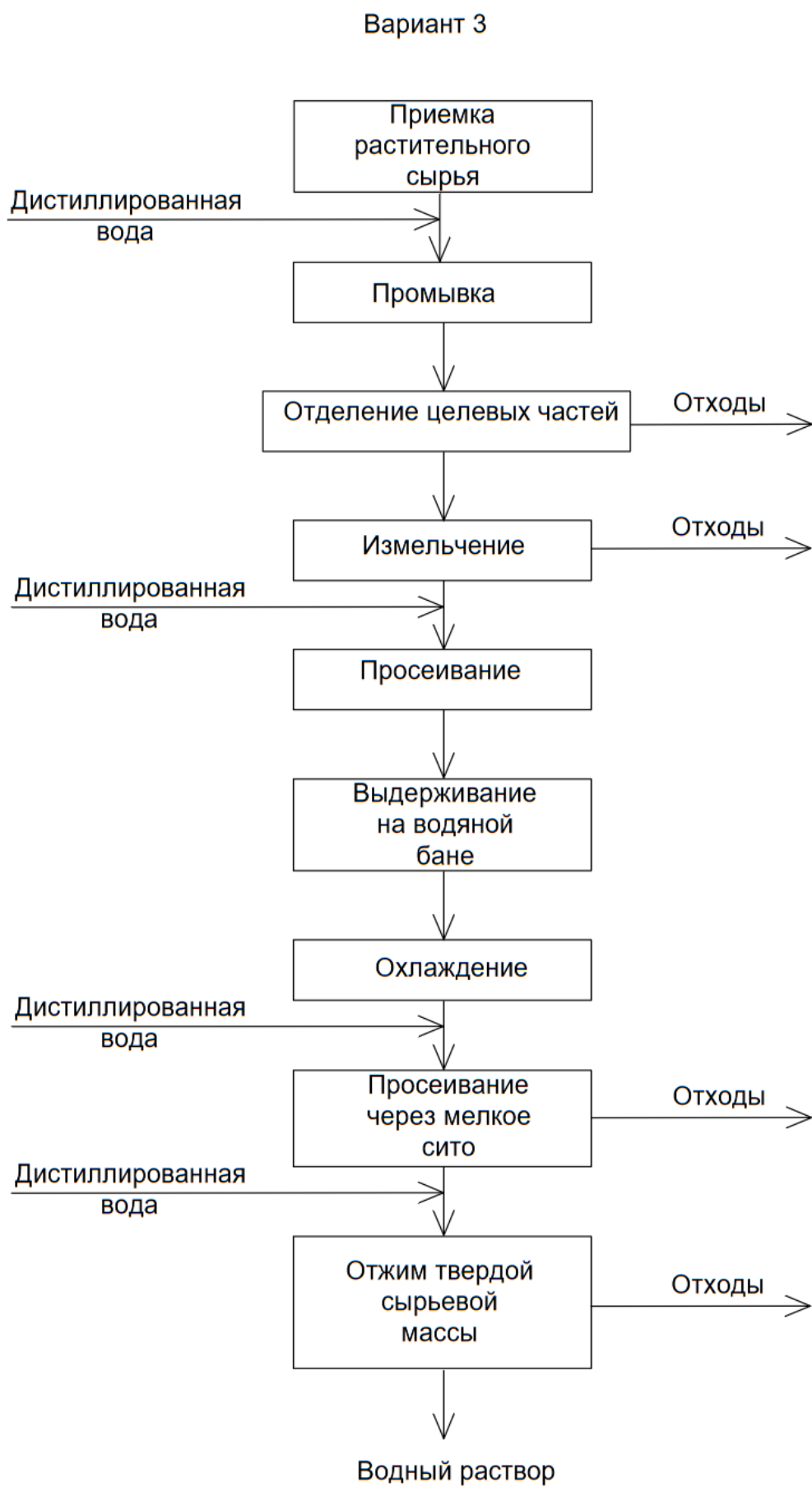


Рис. 2.4.3

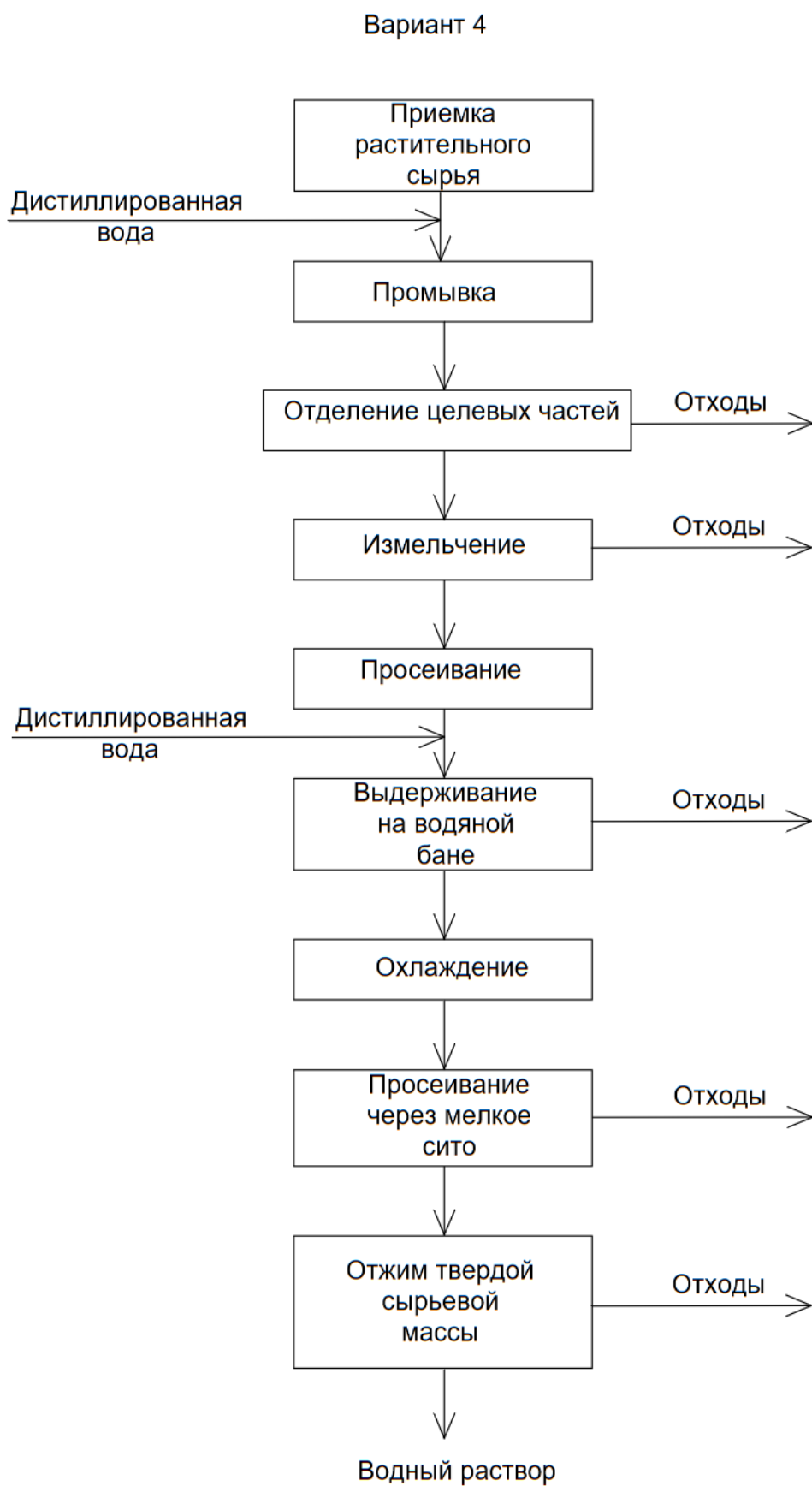


Рис. 2.4.4

**Решение**

Сопоставим описание из условия задачи и блок-схемы.

**Ответ:** вариант 2.

**Задача 2.4.8. Расчет извлечения (11 баллов)**

Тема: биотехнологии.

**Условие**

В процессе обработки сырья был получен водный раствор, в 0,1 л которого содержится 40 г целевого вещества. Для дальнейшей реализации технологии необходимо провести процесс извлечения вещества этанолом.

Вычислите коэффициент распределения вещества между водой и растворителем, если их распределение в растворе и растворителе равно 0,05 моль/л и 0,09 моль/л соответственно. Ответ запишите с точностью до сотых.

**Решение**

Вычислим коэффициент распределения вещества между водой и экстрагентом, если их распределение в растворе и экстрагенте равно 0,05 моль/л и 0,09 моль/л соответственно.

$$K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{0,05}{0,09} = 0,556.$$

**Ответ:** 0,56.

**Задача 2.4.9. Получение целевых веществ (11 баллов)**

Тема: биотехнологии.

**Условие**

Известно, что в 50 растениях может содержаться до 0,5 г целевого вещества. Сколько растений, без учета потерь при обработке сырья, нужно вырастить в ситиферме, чтобы получить количество целевого вещества, достаточное для производства одной партии лекарственного средства объемом 100 пачек по 50 г, каждая из которых имеет следующую упаковку: 150 мг целевого (действующего) вещества на 100 г средства?

**Решение**

100 пачек · 50 г = 5 000 г лекарственного средства;

$$\frac{5\,000\text{ г}}{100\text{ г}} \cdot 150\text{ мг} = 7\,500\text{ мг целевого вещества} = 7,5\text{ г}.$$

В одном растении содержится  $\frac{0,5}{50} = 0,01$  г целевого вещества.

$$\frac{7,5}{0,01} = 750 \text{ штук.}$$

**Ответ:** 750.

### **Задача 2.4.10. Ситифермы (15 баллов)**

Тема: ситифермерство.

#### **Условие**

Для организации процесса выращивания лекарственного растения на новой площадке планируется провести исследование традиционных методов выращивания в почве с применением умной теплицы с капельным поливом и дополнительным обогревом.

Новая площадка для выращивания представляет собой крытую теплицу, имеющую в плане размеры  $50 \times 20$  м.

Известно, что для комфортного роста одного растения требуется  $20 \text{ см}^2$  площади поверхности.

Вычислите, сколько растений можно разместить в теплице, если известно, что для обеспечения безопасности нужно отступить по  $0,5$  м от стенок заданного периметра поверхности в обе стороны вдоль всех направлений, а по середине теплицы вдоль длинной стороны между зонами безопасности проложена сквозная дорожка шириной  $1$  м.

#### **Решение**

Вычислим площадь теплицы. Для этого с каждой из сторон вычтем по  $1$  м — зона обеспечения безопасности.

$$49 \cdot 19 = 931 \text{ м}^2.$$

Площадь дорожек составляет  $49 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} = 49 \text{ м}^2$ .

Полезная площадь поверхности теплицы:

$$931 - 49 = 882 \text{ м}^2;$$

$$\frac{882 \text{ м}^2}{20 \text{ см}^2} = \frac{8\,820\,000}{20} = 441\,000 \text{ шт.}$$

**Ответ:** 441 000.

### **Задача 2.4.11. Системы полива (8 баллов)**

Темы: ситифермерство, алгоритмы.

**Условие**

В теплице установили систему капельного полива, которая должна срабатывать каждый час и подавать из бака воду в течение 5 мин. Воду подают до тех пор, пока в баке остается не менее 10 л воды. В баке изначально было 20 л воды, а каждый час система расходует 1 л. Определите, сколько часов система может работать, прежде чем в баке закончится вода.

**Решение**

Всего до остановки подачи воды можно потратить 10 л.

Если система работает непрерывно, то  $10 : 1 = 10$  ч.

**Ответ:** 10.

**Задача 2.4.12. Системы полива (8 баллов)**

Темы: сیتیфермерство, алгоритмы.

**Условие**

В теплице установили систему обогрева, которая включается, когда температура падает ниже  $15^{\circ}\text{C}$ , и выключается, когда она поднимается выше  $22^{\circ}\text{C}$ . Температура в теплице на данный момент составляет  $10^{\circ}\text{C}$  и каждый час она увеличивается на  $2^{\circ}\text{C}$ , если обогреватель включен. Определите, через сколько часов температура станет выше  $2^{\circ}\text{C}$ .

**Решение**

Вычислим максимальный перепад температуры:  $22 - 10 = 12^{\circ}\text{C}$ .

Если каждый час температура меняется на  $2^{\circ}\text{C}$ , то:  $12 : 2 = 6$  ч.

**Ответ:** 6.

## 3. Второй отборочный этап

### 3.1. Работа наставника НТО на этапе

На втором отборочном этапе НТО участникам предстоит решать как индивидуальные, так и командные задачи в рамках выбранного профиля. Подготовка к этому этапу требует от них не только глубокого понимания предметной области, но и умения работать в команде, эффективно распределять роли и применять полученные знания на практике. Наставник играет здесь важную роль — он помогает участникам выстроить осмысленную и целенаправленную траекторию подготовки.

Вот основные направления, в которых наставник может поддержать участника:

- **Подготовка по образовательным программам НТО.** Наставник может готовить участников, используя готовые образовательные программы по технологическим направлениям, рекомендованные организаторами, а также адаптировать их под уровень подготовки школьников.
- **Разбор заданий прошлых лет.** Изучение задач второго отборочного этапа прошлых лет помогает участникам понять формат заданий, определить типовые ошибки и выработать стратегии решения.
- **Онлайн-курсы.** Участники могут пройти курсы по разбору задач прошлых лет или курсы, рекомендованные разработчиками отдельных профилей. Наставник может включить эти курсы в план подготовки, а также сопровождать процесс изучения и помогать с возникшими вопросами.
- **Анализ материалов профиля.** Совместный разбор методических материалов, размещенных на страницах профилей, помогает уточнить требования к участникам и направить подготовку на ключевые темы.
- **Практикумы.** Это важный элемент подготовки, позволяющий применять знания на практике. Наставник может:
  - ◇ организовать практикумы по методическим материалам с сайта профиля;
  - ◇ декомпозировать задачи заключительного этапа прошлых лет на отдельные элементы и проработать их с участниками;
  - ◇ провести анализ требуемых профессиональных компетенций и спланировать занятия для развития наиболее значимых из них;
  - ◇ направить участников на практикумы и мероприятия от организаторов, которые анонсируются в официальных сообществах НТО, например, в телеграм-канале для наставников: [https://t.me/kruzhok\\_association](https://t.me/kruzhok_association).
- **Командная работа.** Одной из ключевых задач наставника на втором этапе является помощь в формировании команды или в поиске подходящей. Наставник может помочь участникам определить их сильные стороны, выбрать роль в команде и сориентироваться в процессе командообразования, включая участие в бирже команд в рамках конкретного профиля.



### ***Если участники не прошли отборочный этап***

Случается, что несмотря на усилия и серьезную подготовку, участники не проходят во второй или заключительный этап Олимпиады. В такой ситуации особенно важна поддержка наставника.

- **Поддержка и признание усилий.** Наставнику важно подчеркнуть ценность пройденного пути: полученные знания, навыки, преодоленные трудности и личностный рост. Это помогает участникам сохранить мотивацию и не воспринимать результат как окончательное поражение.
- **Рефлексия.** Полезно организовать встречу для обсуждения впечатления от участия, трудности, с которыми столкнулись школьники и то, что они узнали о себе и команде. Наставник может направить разговор в конструктивное русло: какие выводы можно сделать? Что сработало хорошо? Что можно улучшить?
- **Анализ ошибок и пробелов.** Наставник вместе с участниками анализирует, какие темы вызвали наибольшие затруднения, чего не хватило в подготовке — теоретических знаний, практических навыков, командного взаимодействия. Это позволяет выстроить более эффективную стратегию на будущее.
- **Планирование дальнейшего пути.** Участникам можно предложить:
  - ◇ продолжить углубленное изучение профиля или смежных направлений;
  - ◇ заняться проектной деятельностью, которая укрепит знания и навыки;
  - ◇ сформировать план по подготовке к следующему циклу НТО, начиная с работы над типовыми заданиями и курсами.
- **Создание устойчивой мотивации.** Важно показать школьникам, что участие в НТО — это не просто соревнование, а часть большого образовательного маршрута. Даже неудачный результат может стать толчком к профессиональному росту, если воспринимать его как точку развития, а не как конец пути.

Таким образом, наставник помогает участникам не только готовиться к этапам НТО, но и справляться с неудачами, выстраивать долгосрочную стратегию и сохранять интерес к инженерному и технологическому творчеству.

## 3.2. Инженерный тур

Задачи погружают участников в тематики профиля и знакомят с базовыми навыками и компетенциями, характерными для инновационного сельского хозяйства, ситифермерства и введения в биотехнологию.

Индивидуальные задачи посвящены одной из ролей-компетенций: биолог, химик, биотехнолог, инженер (инженер-программист). Для решения командных задач требуется продемонстрировать глубокие знания из разных областей, а результат приведет к решению комплексной инженерной задачи, созданной на основе актуальной задачи, которая не имеет единого универсального ответа. Задачи знакомят с различными способами анализа и интерпретации данных, что подготавливает их к решению открытых комплексных инженерных задач с использованием данных, получаемых прямо на полигоне в рамках практической работы на заключительном этапе.

Отдельное внимание уделяется теме использования продуктов интенсифицированного сельского хозяйства и ситифермерства. Они могут иметь различное применение и спрос как в качестве конечных продуктов, так и в качестве растительного сырья заданных свойств и объемов.

В перечень задач введены тематики:

- медицинского применения продуктов растениеводства и животноводства,
- элементы биохимии и нутрициологии,
- работа с патентами и нормативной документацией,
- поиск ключевых характеристик процесса
- навыки работы с данными.

### 3.2.1. Индивидуальные задачи

Индивидуальные задачи предназначены для решения каждым участником с целью ознакомления со всеми аспектами работы всех членов команды и их компетенций. Так как на первом этапе участники решали задания по химии, биологии и инженерные задачи профиля, текущий материал включает в себя вышеперечисленные тематики и компетенции, а также расширяет их в возможных направлениях использования инженерных биологических систем и решения сопутствующих задач и проблем.

Индивидуальные задачи второго этапа инженерного тура открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест: <https://contest.yandex.ru/contest/69894/enter/>.

#### ***Задача 3.2.1.1. Полезные растения (8 баллов)***

*Тема: растениеводство.*

**Условие**

В аптекарском саду выращивают ряд дикорастущих растений, являющихся ценным сырьем для производства полезных продуктов. Образцы были собраны на полях, расположенных в средней полосе России, а также завезены из ботанического сада.

Сопоставьте изображения растений (таблица 3.2.1) с их описанием (таблица 3.2.2).

Таблица 3.2.1. Растения

















А 	Б 
В 	Г 
Д 	Е 
Ж 	З 

Таблица 3.2.2. Растения

№	Ботаническое описание	Плоды
1	Однолетнее, реже — двулетнее травянистое растение семейства Астровых со стержневым корнем, толстыми ребристыми побегами и очередными удлиненными листьями, опушенными волосками	Плоды — зубчатые изогнутые семечки; могут отличаться друг от друга по размеру, форме и созревают в конце лета и ранней осенью
2	Многолетнее древесное растение семейства Миртовых с супротивными и очередными ланцетными листьями, повернутыми ребром к солнцу; черешковые листья крепятся на стволе с гладкой светлой корой, более грубой у основания растения	Плоды имеют форму колокольчатой крупной коробочки на продолговатой ножке
3	Многолетние кустарнички семейства Яснотковых со стелющимся стеблем, супротивными листьями	Плоды — орешки мелкого размера, созревают в большом количестве в конце лета и ранней осенью
4	Многолетнее травянистое растение семейства Сложноцветных высотой до 1 м с прямым ветвистым стеблем, толстым корневищем, очередными черешковыми листьями, часть из которых являются перисто-рассеченными, а часть — перистыми, цельными и заостренными	Плоды растений — продольно-морщинистые семечки размером менее 1 мм с характерным рубчиком
5	Многолетнее вьющееся растение семейства Перечных высотой до 10–15 м с гибким тонким стеблем, очередными яйцевидными листьями	Плоды растений — односеменные костянки округлой формы
6	Небольшой кустарничек семейства Брусничных высотой до 20 см с длинным корневищем и тонкими редкими корнями, залегающими близко к поверхности и очередными эллиптическими листьями на коротких черенках	Плод — округлая ягода правильной формы, от бледного до темно-красного оттенка; появляется в августе – сентябре
7	Многолетнее травянистое растение семейства Яснотковых с однолетними ветвистыми стеблями и продолговатыми листьями с остропильчатым краем	Плод — орешки размером менее 1 мм в количестве 4 шт., заключенные в чашечку
8	Однолетнее травянистое растение семейства Зонтичных и высотой до 1 м, с одиночным ветвистым стеблем и крупными перисторассеченными листьями, расположенными на черешках в нижней части растения, и более мелкими и тонкими в его верхней части	Плоды — двусемянки коричневого или серого цвета характерной яйцевидной формы

**Решение**

№	Название	Изображение	Ботаническое описание	Цветки	Плоды
1	Календула лекарственная		Однолетнее, реже — двулетнее травянистое растение семейства Астровых со стержневым корнем, толстыми ребристыми побегами и очередными удлиненными листьями, опушенными волосками	Цветки желтые или оранжевые, соцветия корзинчатые	Плоды могут отличаться друг от друга по размеру, форме и созревают в конце лета и ранней осенью

№	Название	Изображение	Ботаническое описание	Цветки	Плоды
2	Эвкалипт		Многолетнее древесное растение семейства Миртовых с супротивными и очередными ланцетными листьями, повернутыми ребром к солнцу; черешковые листья крепятся на стволе с гладкой светлой корой, более грубой у основания растения	Зонтики 7–15-цветковые, одиночные или по два в пазухах листьев, на тонких, цилиндрических ножках	Плоды имеют форму колокольчатой крупной коробочки на продолговатой ножке
3	Чабрец		Многолетние кустарнички семейства Яснотковых со стелющимся стеблем, супротивными листьями	Прямостоячие цветоносы и стелющиеся стебли, супротивные листья с розоватыми двугубыми цветками и нектарниками	Плоды — орешки мелкого размера, созревают в большом количестве в конце лета и ранней осенью
4	Полынь горькая		Многолетнее травянистое растение семейства Сложноцветных высотой до 1 м с прямым ветвистым стеблем, толстым корневищем, очередными черешковыми листьями, часть из которых являются перисто-рассеченными, а часть перистыми, цельными и заостренными	Растение имеет опушенные корзинки, в которых находится несколько десятков цветков с волосистым цветоложем	Плоды растений — продольно-морщинистые семечки размером менее 1 мм с характерным рубчиком
5	Перец черный горошком		Многолетнее вьющееся растение семейства Перечных высотой до 10-15 м с гибким тонким стеблем, очередными яйцевидными листьями	Растение имеет мелкие сероватые и желтые цветы, собранные в продолговатые соцветия	Плоды растений — односеменные костянки округлой формы
6	Брусника обыкновенная		Небольшой кустарничек семейства Брусничных высотой до 20 см с длинным корневищем и тонкими редкими корнями, залегающими близко к поверхности и очередными эллиптическими листьями на коротких черенках	Мелкие цветки расположены до 18 шт. на поникшей объемной кисти, находящейся на коротких цветоножках с характерной опушенностью и красноватого оттенка; венчик цветка светлый бело-розовый	Плод — округлая ягода правильной формы, от бледного до темно-красного оттенка; появляется в августе – сентябре
7	Мята перечная		Многолетнее травянистое растение семейства Яснотковых с однолетними ветвистыми стеблями и продолговатыми листьями с остропильчатым краем	Некрупные бледно-фиолетовые цветки расположены в форме колосовидных соцветий	Плод — орешки размером менее 1 мм в количестве 4 шт., заключенные в чашечку
8	Укроп		Однолетнее травянистое растение семейства Зонтичных и высотой до 1 м, с одиночным ветвистым стеблем и крупными перисторассеченными листьями, расположенными на черешках в нижней части растения, и более мелкими и тонкими в его верхней части	Цветы — крупные соцветия на верхней части стебля, ярко-желтого цвета	Плоды — двусемянки коричневого или серого цвета характерной яйцевидной формы

**Ответ:** 1 — В, 2 — Д, 3 — З, 4 — Е, 5 — Ж, 6 — Б, 7 — А, 8 — Г.

### **Задача 3.2.1.2. Соединения и вещества (3 балла)**

**Тема:** свойства растений.

**Условие**

Известно, что из растений, выращиваемых на ферме, производят несколько лекарственных препаратов. Так, из компонентов некоторых растений получают мазь, которая имеет в составе ментол.

Вторым направлением продуктов производства ситифермы являются противомикробные, противопаразитарные и фунгицидные средства, сделанные с применением действующего вещества тимол.

Выберите растение, которые можно использовать **для производства мази**. В ответ занесите название растения из двух слов с маленькой буквы через пробел на русском языке, если растений несколько, перечислите их через запятую.

**Решение**

В задании 3.2.1.1 присутствовали следующие растения: календула лекарственная, эвкалипт, чабрец, полынь горькая, перец черный горошком, брусника обыкновенная, мята перечная, укроп.

Из перечисленных растений **ментол содержится** в мяте перечной.

В полыни горькой содержится туйон или монотерпин — вещество, похожее по запаху на вещество ментол.

В эвкалипте содержится эвкалиптовое масло и вещество цинеол, отчасти похожее на ментол по восприятию потребителями.

В качестве сырья для изготовления натурального ментола наиболее часто используются перечная и кукурузная мята, а также другие мятные растения семейства яснотковых.

Из перечисленных растений подходит мята перечная.

**Ответ:** мята перечная.

**Задача 3.2.1.3. Противомикробное средство (2 балла)**

*Тема: свойства растений.*

**Условие**

Известно, что из растений, выращиваемых на ферме, производят несколько лекарственных препаратов.

Так, из компонентов некоторых растений получают мазь, которая имеет в составе следующие действующие вещества: ментол, настой цветков календулы лекарственной.

Вторым направлением продуктов производства ситифермы являются противомикробные, противопаразитарные и фунгицидные средства, сделанные с применением действующего вещества тимол.

Выберите растения, которые нужны **для получения противомикробного средства**. Рекомендуется использовать наиболее доступные растения преимущественно



непищевого применения. В ответ занесите название растения из двух слов с маленькой буквы через пробел на русском языке, если растений несколько, перечислите их через запятую.

### **Решение**

В задании 3.2.1.1 присутствовали следующие растения: календула лекарственная, эвкалипт, чабрец, полынь горькая, перец черный горошком, брусника обыкновенная, мята перечная, укроп.

Из перечисленных растений в основном **тимол содержится** в следующих растениях: полынь горькая, чабрец (тимьян).

Наиболее широко тимьян используют при заболеваниях органов дыхания: бронхитах, трахеитах, ларингитах, ларинготрахеитах, бронхопневмонии. Также применяют при заболеваниях желудка, сопровождающихся снижением желудочной секреции, метеоризме, атонии или спазме кишечника (из открытых источников).

Горькая полынь в малых дозах оказывает стимулирующее действие при истериях, используется как желчегонное, отхаркивающее, жаропонижающее средство. Эфирное масло травы оказывает выраженное бактерицидное и противогрибковое воздействие (из открытых источников).

Для мази используются растения преимущественно непищевого значения. Возможность выделения эфирного масла с сохранением бактерицидных и противогрибковых свойств также соответствует удобному применению в технологии получения мазей.

Таким образом, данному понятию и верному ответу соответствует растение полынь горькая.

**Ответ:** полынь горькая.

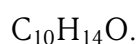
### **Задача 3.2.1.4. (2 балла)**

*Тема: вещества природного происхождения.*

### **Условие**

Какая химическая формула характерна для такого вещества, как тимол? Запишите его химическое название согласно номенклатуре.

### **Решение**



2-изопропил-5-метилфенол, монотерпеновый фенол, гидроксипроизводное цимолла, изомерен карвакролу.

**Ответ:** 2-изопропил-5-метилфенол.

### Задача 3.2.1.5. Ментол (4 балла)

Тема: вещества природного происхождения.

#### Условие

Вычислите массу ментола, находящегося в растениях, произрастающих на аквапонной установке, если известно, что общий прирост биомассы растений составляет 5 г в сутки, а полный цикл роста до сбора урожая занимает 45 суток. Во взрослом растении содержится до 5% ментола в пересчете относительно общей массы растения. Потери при сборе урожая составляют 5% от общей массы растения. Далее при обработке сырья отделяют 30% (по массе) корней и стеблей, а оставшуюся часть промывают, измельчают и выделяют ментол. При промывке и измельчении суммарно теряется до 1/10 общей массы.

Плотность ментола составляет  $890 \text{ кг/м}^3$ , а молярная масса —  $156 \text{ г/моль}$ .

Вычислите объем полученного в процессе выращивания ментола с точностью до целого числа. В расчетах рекомендуется округление до сотых. В ответ занесите количество флаконов по 2 мл, необходимых для размещения всего полученного ментола.

#### Решение

1. Общий прирост биомассы за 45 суток:

$$5 \cdot 45 = 225 \text{ г.}$$

2. Масса ментола во всей биомассе (5%):

$$225 \cdot 0,05 = 11,25 \text{ г.}$$

3. Учитываем потери при сборе урожая (5%):

$$11,25 - (11,25 \cdot 0,05) = 10,69 \text{ г.}$$

4. Масса ментола после отделения корней и стеблей (30%):

$$10,69 - (10,69 \cdot 0,3) = 7,48 \text{ г.}$$

5. Масса ментола после промывки и измельчения:

$$7,48 - \frac{7,48}{10} = 6,73 \text{ г.}$$

6. Объем полученного ментола ( $\rho = 890 \text{ кг/м}^3 = 0,89 \text{ г/мл}$ ):

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{6,73}{0,89} = 7,56 \text{ мл.}$$

7. Количество флаконов по 2 мл:

$$\frac{7,56}{2} = 3,78.$$

8. Округляем результат 3,78 до целого числа в большую сторону, получаем ответ: 4 флакона.

**Ответ:** 4.



### **Задача 3.2.1.6. Лекарственные формы (6 баллов)**

Тема: состав лекарственных средств.

#### **Условие**

Какие элементы, которые отсутствуют в составе урожая ситифермы, можно использовать для получения натуральной мази из задания 3.2.1.2, если известно, что она обладает универсальным противовоспалительным и охлаждающим эффектом? В ответ занесите последовательность цифр в порядке возрастания без пробелов и запятых.

1. Парафин.
2. Вода очищенная.
3. Серная кислота.
4. Настой цветков календулы лекарственной.
5. Настой ромашки лекарственной.
6. Изопропиловый спирт.
7. Воск пчелиный.
8. Вазелин.
9. Антибиотики.
10. Кристаллический йод.

#### **Решение**

1. **Парафин** — используется в качестве безопасной и неспецифичной базовой основы для мазей.
2. **Вода очищенная** — используется в качестве базового растворителя, безопасна и неспецифична.
3. Серная кислота — в малых концентрациях используется в очень специфичных мазях, агрессивно воздействующих на кожные покровы и/или паразитов.
4. Настой цветков календулы лекарственной — используется в качестве противовоспалительного компонента растительного происхождения, неспецифичен, но присутствует в урожае фермы из задания 3.2.1.1, что противоречит условию задания.
5. **Настой ромашки лекарственной** — используется в качестве противовоспалительного компонента растительного происхождения, неспецифичен.
6. Изопропиловый спирт.
7. **Воск пчелиный** — используется в качестве безопасной и неспецифичной базовой основы для мазей.
8. **Вазелин** — используется в качестве безопасной и неспецифичной базовой основы для мазей.
9. Антибиотики — используются в мазях и составах с противовоспалительным эффектом, специфичны и имеют ряд ограничений по использованию, оказывают воздействие на ряд микроорганизмов и могут терять эффективность при постоянном применении.
10. Кристаллический йод.

**Ответ:** 12578.

### **Задача 3.2.1.7. Питательные растворы (5 баллов)**

*Тема: приготовление питательных растворов.*

#### **Условие**

Известно, что в лаборатории находятся три колбы емкостью 1 л каждая с питательными растворами, приготовленных с применением следующих составов:

1. 20 г сульфата аммония,
2. 55 г хлористого аммония,
3. 50 г нитрата аммония.

Рассчитайте массу азота в растворах каждого питательного состава. При расчетах округляйте значения до целого числа.

В ответ занесите **меньшее из полученных значений**.

#### **Решение**

1. Сульфат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .  
Молярная масса: 132 г/моль.

$$w(\text{вещества}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%;$$

$$w = \left( \frac{2 \cdot 14}{132} \right) \cdot 100\% = 21\%.$$

Масса азота в растворе:  $20 \cdot 0,21 = 4$  г.

2. Хлористый аммоний  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  
Молярная масса: 53,5 г/моль.

$$w(\text{вещества}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%;$$

$$w = \left( \frac{14}{53,5} \right) \cdot 100\% = 26\%.$$

Масса азота в растворе:  $55 \cdot 0,26 = 14$  г.

3. Нитрат аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .  
Молярная масса: 80 г/моль.

$$w(\text{вещества}) = \frac{m(\text{вещества})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%;$$

$$w = \left( \frac{2 \cdot 14}{80} \right) \cdot 100\% = 18\%.$$

Масса азота в растворе:  $50 \cdot 0,18 = 9$  г.

**Ответ:** 4 г.

### Задача 3.2.1.8. Калорийность блюд (5 баллов)

Тема: питательные вещества.

#### Условие

В школе № 1 выпускной вечер, и 9Б класс приглашен на банкет. За каждым столом сидят по четыре человека. Подруги Лена и Катя не хотели сидеть отдельно от друзей и друг от друга и попросили поставить еще один стул. Известно, что все блюда подаются общими порциями на банкетные столы из расчета на четыре человека.

На столе лежит общее блюдо следующего состава:

- семена кунжута, 15 г;
- кубики яблока 200 г;
- огурец свежий 180 г;
- тунец слайсами по 15 г — 10 шт.

Рассчитайте количество калорий, характерное для порции, которую получил каждый из гостей за столом, если блюдо было разложено среди гостей за столом поровну, а Лена не любит огурцы и выбирает порцию без них, не кладя их на тарелку, но набирая остальные компоненты в том же количестве, что и остальные. Известно, что первой свою порцию положила Катя (гость 1), после нее Лена (гость 2), затем гости 3, 4 и 5 разложили поровну весь оставшийся салат.

В ответ занесите количество калорий, полученных гостем 4 с точностью до тысячной.

Таблица 3.2.4. Калорийность продуктов питания

Наименование	Энергетическая ценность, ккал	Белки, г на 100 г	Жиры, г на 100 г	Углеводы, г на 100 г
Кунжут	570	19	49	12
Яблоко	42	0,4	0,4	9,8
Огурец	13,7	0,7	0,1	3,7
Тунец	421	47,6	23,9	4,0

#### Решение

Граммовки порции, полученной гостем 1:

- $15/5 = 3$  г кунжута;
- $200/5 = 40$  г яблок;
- $180/5 = 36$  г огурца;
- $15 \cdot 2 = 30$  г тунца.

Гость 2:

- $15/5 = 3$  г кунжута;

- $200/5 = 40$  г яблок;
- 0 г огурца;
- $15 \cdot 2 = 30$  г тунца.

Гость 3, 4, 5:

- $15/5 = 3$  г кунжута;
- $200/5 = 40$  г яблок;
- $(180 - 36)/3 = 48$  г огурца;
- $15 \cdot 2 = 30$  г тунца.

Тогда калорийность блюда у гостя 4:

$$570 \cdot \frac{3}{100} + 42 \cdot \frac{40}{100} + 13,7 \cdot \frac{48}{100} + 30 \cdot \frac{421}{100} = 17,1 + 16,8 + 6,576 + 126,3 = 166,776 \text{ ккал.}$$

**Ответ:** 166,776.

### **Задача 3.2.1.9. Компоненты пищи (5 баллов)**

*Тема: состав пищевых продуктов.*

#### **Условие**

Известно, что человеку в процессе жизнедеятельности требуются питательные вещества, витамины, минералы, микро- и макроэлементы.

Рассчитайте количество салата из предыдущей задачи в граммах, необходимого для того, чтобы не превысить суточную рекомендуемую норму потребления калия и фосфора.

Ответ дайте с точностью до целого числа в граммах. При расчетах рекомендуется использовать среднее значение содержания компонентов на общую порцию салата без учета индивидуальных предпочтений гостей, а также использовать округление до сотых.

Содержанием **калия** в других компонентах блюда при решении задачи пренебречь.

Таблица 3.2.5. Содержание элементов в продуктах

Химический элемент	Количество мг в 100 г яблока	Количество мг в 100 г тунца	Суточная норма, мг
Na	26	54	2000
K	278	527	3200
Ca	16	17	1000
P	11	139	800
Fe	2,5	1,6	15

**Решение**

На столе лежит общее блюдо следующего состава:

- семена кунжута, 15 г;
- кубики яблока 200 г;
- огурец свежий 180 г;
- тунец слайсами по 15 г — 10 шт.

Общая масса салата:

$$15 + 200 + 180 + 150 = 545 \text{ г.}$$

Содержание фосфора:

$$200 \cdot \frac{11}{100} + 150 \cdot \frac{139}{100} = 22 + 208,5 = 230,5 \text{ мг.}$$

Суточная потребность 800 мг:

$$\frac{800}{230,5} = 3,47 \text{ общих порций салата;}$$

$$545 \cdot 3,47 = 1891,15 \text{ г салата.}$$

Вычислим количество калия, содержащееся в данном количестве салата. В одной порции содержится:

$$200 \cdot \frac{278}{100} + 150 \cdot \frac{527}{100} = 556 + 790,5 = 1346,5 \text{ мг К;}$$

$$3,47 \cdot 1346,5 = 4672,36 \text{ мг К;}$$

$$\frac{3200}{1346,5} = 2,38 \text{ порций салата;}$$

$$545 \cdot 3,47 = 1297,1 \text{ грамм салата.}$$

**Ответ:** 1297.

**Задача 3.2.1.10. Умная ферма (10 баллов)**

Тема: умная ферма.

**Условие**

Для организации процесса автономного высокоинтенсивного выращивания используются устройства, оснащенные системами автоматизации, датчиками и различными устройствами, которые можно объединять в различные сети и системы.

Ниже приведен код для Arduino, который позволяет управлять устройствами для выращивания, а именно: состоянием светодиодов №№ 1, 2, 3, моторов №№ 1, 2, считывать значения температуры и влажности воздуха.

## C++

```

1  const int ledPins[] = {9, 10, 11};
2  const int motorPins[] = {5, 6};
3  const int tempSensorPin = A0;
4  const int humiditySensorPin = A1;
5
6  int temperature = 0;
7  int humidity = 0;
8  int motorSpeeds[2] = {0, 0};
9  bool motorStates[2] = {false, false};
10
11 void setup() {
12     for (int i = 0; i < 3; i++) {
13         pinMode(ledPins[i], OUTPUT);
14     }
15     for (int i = 0; i < 2; i++) {
16         pinMode(motorPins[i], OUTPUT);
17     }
18     Serial.begin(9600);
19 }
20
21 void loop() {
22     temperature = analogRead(tempSensorPin);
23     humidity = analogRead(humiditySensorPin);
24
25     temperature = map(temperature, 0, 1023, -20, 50);
26     humidity = map(humidity, 0, 1023, 0, 100);
27
28     Serial.print("Температура: ");
29     Serial.println(temperature);
30     Serial.print("Влажность: ");
31     Serial.println(humidity);
32
33     controlledLEDs(temperature);
34
35     controlMotors(temperature, humidity);
36
37     delay(1500);
38 }
39
40 void controlledLEDs(int temperature) {
41     if (temperature > 30) {
42         digitalWrite(ledPins[0], 1);
43         digitalWrite(ledPins[1], 0);
44         digitalWrite(ledPins[2], 0);
45     } else if (temperature > 15 && temperature <= 30) {
46         digitalWrite(ledPins[0], 0);
47         digitalWrite(ledPins[1], 1);
48         digitalWrite(ledPins[2], 0);
49     } else {
50         digitalWrite(ledPins[0], 0);
51         digitalWrite(ledPins[1], 0);
52         digitalWrite(ledPins[2], 1);
53     }
54 }
55
56 void controlMotors(int temperature, int humidity) {
57     if (temperature > 30) {
58         motorSpeeds[0] = 255;
59         motorStates[0] = true;

```

```

60 } else if (temperature < 15) {
61     motorSpeeds[0] = map(temperature, -20, 15, 0, 180);
62     motorStates[0] = true;
63 } else {
64     motorSpeeds[0] = 0;
65     motorStates[0] = false;
66 }
67
68 if (humidity < 40) {
69     motorSpeeds[1] = map(humidity, 0, 40, 255, 0);
70     motorStates[1] = true;
71 } else if (humidity > 60) {
72     motorSpeeds[1] = 100;
73     motorStates[1] = true;
74 } else {
75     motorSpeeds[1] = 0;
76     motorStates[1] = false;
77 }
78 for (int i = 0; i < 2; i++) {
79     if (motorStates[i]) {
80         analogWrite(motorPins[i], motorSpeeds[i]);
81     } else {
82         digitalWrite(motorPins[i], 0);
83     }
84 }
85 }

```

Выберите верные варианты ответов на вопросы.

1. Что произойдет, если температура составит 35 °C?
  - A. Загорится первый светодиод.
  - B. Загорится второй светодиод.
  - C. Выключится первый мотор.
  - D. Включится второй мотор на минимальной скорости.
2. Какая максимальная скорость установлена для моторов, если влажность 0% и температура 25 °C?
  - A. Моторы выключены.
  - B. Первый мотор работает на скорости 100, второй — на 255.
  - C. Первый мотор выключен, второй работает на скорости 255.
  - D. Оба мотора работают на скорости 180.
3. Что произойдет с моторами, если температура составит 10 °C, а влажность будет 50%?
  - A. Первый мотор выключен, второй работает на средней скорости.
  - B. Первый мотор работает на скорости, пропорциональной температуре, второй выключен.
  - C. Оба мотора выключены.
  - D. Оба мотора работают на максимальной скорости.
4. При какой температуре включится третий светодиод?
  - A. При температуре ниже 0 °C.
  - B. При температуре ниже 15 °C.
  - C. При температуре выше 30 °C.
  - D. При температуре выше 50 °C.

5. Что произойдет, если влажность опустится ниже 40%, и температура составит 5 °C?
  - A. Моторы не будут работать.
  - B. Первый мотор включится на скорости 120, второй мотор выключен.
  - C. Второй мотор будет работать на скорости, зависящей от влажности.
  - D. Оба мотора будут работать на максимальной скорости.
6. Каким будет являться значение скорости первого мотора при температуре 15 °C?
  - A. 0.
  - B. 120.
  - C. 180.
  - D. 255.
7. При каких условиях включится второй мотор?
  - A. Когда температура превысит 15 °C.
  - B. Когда влажность будет равна 40%.
  - C. Когда влажность превысит 60%.
  - D. Когда температура и влажность ниже 20%.
8. Что произойдет со светодиодами, если температура будет ровно 25 °C?
  - A. Загорится первый светодиод.
  - B. Загорится второй светодиод.
  - C. Загорится третий светодиод.
  - D. Светодиоды не будут включены.
9. Какая скорость у второго мотора при влажности 55%?
  - A. 255.
  - B. 100.
  - C. 0.
  - D. 50.
10. Что произойдет при температуре –10 °C и влажности 35%?
  - A. Первый мотор включится на минимальной скорости.
  - B. Второй мотор включится на максимальной скорости.
  - C. Оба мотора будут выключены.
  - D. Все светодиоды будут выключены.

**Ответ:** 1 — A, 2 — C, 3 — B, 4 — B, 5 — C, 6 — A, 7 — C, 8 — B, 9 — C, 10 — D.

### 3.2.2. Командные задачи

Командные задачи посвящены сквозным компетенциям, связанным с анализом данных, программированием, работой с технологическими картами и схемами. Часть заданий имеет открытый характер. Задания данного этапа являются декомпозированной задачей заключительного этапа и являются составными частями комплексной инженерной задачи. Важно заметить, что они не относятся напрямую к таким школьным предметам, как биология и химия, а опираются на тематику данных направлений.



Командные задачи второго этапа инженерного тура 1 блок открыты для решения. Соревнование доступно на платформе Яндекс.Контест:

- 1 блок: <https://contest.yandex.ru/contest/69916/enter/>.
- 2 блок: <https://contest.yandex.ru/contest/70116/enter/>.

### **Задача 3.2.2.1. Патент (6 баллов)**

Тема: патенты на технологии.

#### **Условие**

Для получения сухого измельченного сырья валерианы лекарственной существует несколько методов, один из которых описан в патенте <https://patents.google.com/patent/RU2098115C1/ru>.

Ознакомьтесь с описанной технологией и ответьте на следующие вопросы.

При каком соотношении валерианы (кг) и экстрагента (л) в запатентованном способе достигается оптимальный выход целевого вещества?

В ответ внесите соотношение в формате цифр и знаков без пробелов.

Выполните блок-схему описанной в примере 3 текста патента технологии с указанием основных технологических операций, входящих и выходящих потоков, а также технологических условий: концентрация экстрагента, температурные режимы и время выдерживания. Прикрепите файл в формате pdf в следующем шаге.

#### **Решение**

Находим в тексте патента описание основного метода и необходимые данные: «обработку проводят фильтрационной экстракцией при соотношении валериана (кг) экстрагент (л), равном 1 : 4 – 6 соответственно».

**Ответ:** 1 : 4 – 6.

### **Задача 3.2.2.2. Образцы растений (4 балла)**

Тема: технологические процессы.

#### **Условие**

В лабораторию привезли образцы растений из открытого грунта.

Известно, что растения, собранные на этой территории, имеют некоторые внешние отклонения от эталонных образцов. Для получения более подробной информации о биохимическом составе в лаборатории провели следующий эксперимент. Листья растений собрали, тщательно промыли, высушили, измельчили, поместили в тигли и обуглили до состояния золы. Далее к золе добавили воду, вещество X в избытке. Затем в смеси образовался осадок, и по его соотношению рассчитали содержание различных веществ в составе листьев.

Что позволяет определить данная методика? В ответ внесите цифры верных ответов без запятых и пробелов в порядке возрастания.

1. Запас хлорофилла.
2. Продолжительность болезни по количеству патогенных микроорганизмов.
3. Количество вирусов.
4. Вещество-загрязнитель.
5. Запас витаминов.
6. Количество накопленного постороннего вещества.

### **Решение**

1. Запас хлорофилла — данный компонент/вещество при сжигании по этой технологии не идентифицируется, определяется микроскопированием или химическими методами извлечения.
2. Продолжительность болезни по количеству патогенных микроорганизмов — данный компонент/вещество при сжигании по этой технологии не идентифицируется, определяется микроскопированием, определяется микроскопированием или посевом на селективные и элективные среды.
3. Количество вирусов — данный компонент/вещество при сжигании по этой технологии не идентифицируется, определяется микроскопированием.
4. **Вещество-загрязнитель** — определяется по следам после сжигания, особенно если это тяжелые металлы, нефтепродукты и вещества, накапливающиеся в значительных количествах
5. Запас витаминов — данный компонент/вещество при сжигании по этой технологии практически не идентифицируется, определяется биохимическими или химическими методами извлечения.
6. **Количество накопленного постороннего вещества** — определяется по следам после сжигания, особенно если это тяжелые металлы, нефтепродукты и вещества, накапливающиеся в значительных количествах при сравнении с базовым составом здоровых образцов.

**Ответ:** 46.

### **Задача 3.2.2.3. Вещество X (2 балла)**

*Тема: технологические процессы.*

#### **Условие**

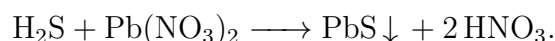
Известно, что при попадании вещества X на бумагу, пропитанную нитратом свинца (II), происходит изменение цвета бумаги до черного, а при сгорании этого вещества происходит образование желтоватого налета на вносимых в пламя холодных предметах (проволочная петля, фарфоровая палочка).

О каком веществе идет речь?

В ответ запишите химическую формулу данного вещества.

**Решение**

Качественная реакция на сероводород — бумага, смоченная раствором нитрата свинца (II), чернеет в присутствии сероводорода:



**Ответ:**  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Задача 3.2.2.4. Мутный осадок (3 балла)**

Тема: технологические процессы.

**Условие**

Известно, что если обработать листья растения и получить золу, то при взаимодействии с концентрированной щелочью NaOH из образовавшегося белого мутного осадка можно выделить химический элемент, присутствующий в фосфорных удобрениях и по сути являющийся металлом с гексагональной кристаллической решеткой.

О каком металле идет речь?

**Решение**

Этот металл — кадмий.

**Ответ:** кадмий, Cd.

**Задача 3.2.2.5. Металлы и физиология человека (3 балла)**

Тема: технологические процессы.

**Условие**

Содержится ли металл из предыдущей задачи в теле человека и какую функцию выполняет?

В ответ занесите выражения с маленькой буквы, через запятую, при необходимости.

**Решение**

Кадмий, Cd, нет, не содержится.

**Ответ:** нет, не содержится.

**Задача 3.2.2.6. Автоматизация сбора урожая (10 баллов)**

Тема: сбор урожая.

### Условие

Дан робот, который может двигаться в трехмерной координатной системе  $(XYZ)$ . Он может выполнять четыре основные операции на заданных координатах: посадку растения, полив, внесение удобрений и выкорчевывание растения. Каждая операция требует, чтобы робот перемещался к точке в пространстве и совершал действие.

Есть три участка, на которых необходимо провести определенные работы. Координаты участков заданы тройками чисел  $(x; y; z)$ :

- Участок 1: 10 10 10. Посадка растения.
- Участок 2: 30 40 50. Полив.
- Участок 3: 60 20 80. Внесение удобрений.

Все участки находятся в пределах куба с длиной ребра 100 единиц (координаты от 0 до 100 по каждой оси). Робот начинает движение в точке  $(0, 0, 0)$ .

Задача состоит в том, чтобы минимизировать общее расстояние, которое робот пройдет при выполнении всех задач. Робот должен посетить все три участка и вернуться в начальную точку. Он может посещать участки в любом порядке.

Найдите минимальное возможное расстояние, которое робот пройдет за весь цикл выполнения задач.

Формат ответа: одно число с точностью до сотых — минимальное возможное расстояние, которое робот пройдет.

### Решение

1. Координаты точек:

- A. начальная точка  $(0; 0; 0)$ ,
- B. участок 1  $(10; 10; 10)$ ,
- C. участок 2  $(30; 40; 50)$ ,
- D. участок 3  $(60; 20; 80)$ .

2. Формула для расчета расстояния между двумя точками в трехмерном пространстве:

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2},$$

где  $(x_1, y_1, z_1)$  и  $(x_2, y_2, z_2)$  — координаты двух точек.

3. Все возможные маршруты (без учета цикличности и возврата в начальную точку) — это перестановки порядка посещения участков. Всего существует  $3! = 6$  возможных маршрутов:

- A.  $(0; 0; 0), (10; 10; 10), (30; 40; 50), (60; 20; 80), (0; 0; 0)$ ;
- B.  $(0; 0; 0), (10; 10; 10), (60; 20; 80), (30; 40; 50), (0; 0; 0)$ ;
- C.  $(0; 0; 0), (30; 40; 50), (10; 10; 10), (60; 20; 80), (0; 0; 0)$ ;
- D.  $(0; 0; 0), (30; 40; 50), (60; 20; 80), (10; 10; 10), (0; 0; 0)$ ;
- E.  $(0; 0; 0), (60; 20; 80), (10; 10; 10), (30; 40; 50), (0; 0; 0)$ ;
- F.  $(0; 0; 0), (60; 20; 80), (30; 40; 50), (10; 10; 10), (0; 0; 0)$ .

4. Вычислим длину каждого маршрута.

- A. Общее расстояние:  $220,05670401712380539400235164637 = 220,06$ .

- В. Общее расстояние:  $221,53788417102168559738751783628 = 221,54$ .  
 С. Общее расстояние:  $313,14525684029935402952834038164 = 313,15$ .  
 D. Общее расстояние:  $221,53788417102168559738751783628 = 221,54$ .  
 Е. Общее расстояние:  $259,75508679733337452471836758622 = 259,76$ .  
 F. Общее расстояние:  $220,05670401712380539400235164637 = 220,06$ .
5. Минимальное расстояние среди всех маршрутов составляет 220,06 единиц.

**Ответ:** 220,06.

### **Задача 3.2.2.7. Полив полей (10 баллов)**

Тема: сбор урожая.

#### **Условие**

На ферме есть несколько водонапорных башен, каждая из которых наполнена определенным объемом воды. Есть также несколько полей, каждое из которых требует определенного объема воды для поддержания необходимой влажности. Поля и башни ограничены своими потребностями и возможностями.

Определите минимально возможный объем воды, который можно использовать для покрытия всех потребностей полей, учитывая доступные объемы воды из башен. Башни могут осушаться только полностью и только на конкретное поле, остатки не переносятся. Необходимо использовать воду из башен так, чтобы суммарно обеспечить все поля с минимальными потерями.

Напишите программу, которая выведет минимально возможный объем воды, который можно использовать для покрытия всех потребностей полей. Если потребности полей не могут быть удовлетворены с имеющимися объемами воды, программа должна вывести `Impossible`.

#### **Формат входных данных**

На вход поступает строка, содержащая:

- первое число — количество полей  $N$  ( $1 \leq N \leq 100$ );
- далее  $N$  чисел — потребности каждого поля в воде;
- затем еще  $M$  чисел — объемы воды в башнях.

Все числа разделены пробелами.

#### **Примеры**

##### *Пример №1*

Стандартный ввод									
3	50	30	25	100	30	25	300		

**Стандартный вывод**

155

**Решение**

Ниже представлено решение на языке C++.

**C++**

```
1  #include <iostream>
2  #include <vector>
3  #include <algorithm>
4  #include <sstream>
5
6  int main() {
7      // Чтение входных данных
8      std::string input;
9      std::getline(std::cin, input);
10
11     std::istringstream iss(input);
12     int N;
13     iss >> N; // Число полей
14
15     std::vector<int> needs(N);
16     for (int i = 0; i < N; ++i) {
17         iss >> needs[i]; // Потребности полей
18     }
19
20     std::vector<int> towers;
21     int volume;
22     while (iss >> volume) {
23         towers.push_back(volume); // Объемы воды в башнях
24     }
25
26     // Сортировка потребностей и объемов
27     std::sort(needs.begin(), needs.end());
28     std::sort(towers.begin(), towers.end());
29
30     int totalWaterUsed = 0; // Суммарно использованная вода
31     size_t j = 0; // Индекс для башен
32
33     // Обход потребностей полей
34     for (int i = 0; i < N; ++i) {
35         int need = needs[i]; // Потребность текущего поля
36
37         // Ищем подходящую башню, которая может покрыть потребность
38         while (j < towers.size() && towers[j] < need) {
39             ++j; // Идем к большим башням
40         }
41
42         // Если нашли подходящую башню
43         if (j < towers.size()) {
44             totalWaterUsed += towers[j]; // Используем объем башни
45             ++j; // Убираем эту башню из дальнейшего рассмотрения
46         } else {
47             // Не удалось удовлетворить потребность
48             std::cout << "Impossible" << std::endl;
49             return 0;
```

```

50         }
51     }
52
53     std::cout << totalWaterUsed << std::endl; // Выводим суммарно
        ↳ использованную воду
54     return 0;
55 }

```

## Тесты

### Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
3 50 30 25 100 30 25 300
<b>Стандартный вывод</b>
155

### Пример №2

<b>Стандартный ввод</b>
3 50 30 25 50 30 25
<b>Стандартный вывод</b>
105

### Пример №3

<b>Стандартный ввод</b>
3 50 30 25 999 50 999 30 999 25 999
<b>Стандартный вывод</b>
105

### Пример №4

<b>Стандартный ввод</b>
4 10 20 30 40 5 20 20 20 20 20
<b>Стандартный вывод</b>
Impossible

*Пример №5*

<b>Стандартный ввод</b>
1 100 100 200
<b>Стандартный вывод</b>
100

*Пример №6*

<b>Стандартный ввод</b>
10 999 999 999 999 999 999 999 999 999 999 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000
<b>Стандартный вывод</b>
10000

*Пример №7*

<b>Стандартный ввод</b>
10 999 999 999 999 999 999 999 999 999 999 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
<b>Стандартный вывод</b>
10000

*Пример №8*

<b>Стандартный ввод</b>
5 300 200 100 400 500 300 300 300 300 300
<b>Стандартный вывод</b>
Impossible

*Пример №9*

<b>Стандартный ввод</b>
10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 1000000 1 1 1 1 1 1 1 1
<b>Стандартный вывод</b>
1000013



## Пример №10

<b>Стандартный ввод</b>
10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 1000000
<b>Стандартный вывод</b>
Impossible

**Задача 3.2.2.8. Удобрения для полей (12 баллов)**

Тема: сбор урожая.

**Условие**

На ферме есть несколько участков, каждый из которых требует определенного количества удобрений. Доступно несколько типов удобрений, каждое из которых имеет свою цену, эффективность и максимальное количество, которое можно использовать. Участки могут быть обработаны несколькими типами удобрений, но необходимо минимизировать общую стоимость при удовлетворении потребностей.

Напишите программу, которая подсчитывает общее количество затрат на удобрение участков в единицах стоимости. Если потребности участков не могут быть удовлетворены, программа должна вывести **Impossible**.

На вход поступает строка, содержащая:

- Первое число — количество полей  $N$  ( $1 \leq N \leq 100$ ).
- Далее  $N$  чисел — потребность в удобрениях для каждого участка.
- Затем еще  $M$  наборов данных для  $M$  удобрений в следующем формате:
  - ◊ стоимость одной единицы удобрения этого типа;
  - ◊ эффективность удобрения этого типа — количество покрываемых единиц потребности одной единицей удобрения;
  - ◊ максимальное количество единиц удобрения, которое можно использовать.

Все числа разделены пробелами.

**Примеры**

## Пример №1

<b>Стандартный ввод</b>
2 50 10 3 1 10 5 2 20 10 4 100
<b>Стандартный вывод</b>
150

## Решение

Ниже представлено решение на языке C++.

C++

```

1  #include <iostream>
2  #include <vector>
3  #include <sstream>
4  #include <limits>
5  #include <algorithm>
6
7  using namespace std;
8
9  // Структура для удобрений
10 struct Fertilizer {
11     int price;           // Цена за единицу
12     int efficiency;      // Эффективность (количество, покрываемое
13     ↪ одной единицей)
14     int max_units;       // Максимальное количество единиц удобрения
15     double cost_per_unit; // Себестоимость закрытия одной единицы
16     ↪ потребности
17
18     Fertilizer(int p, int e, int m) : price(p), efficiency(e),
19     ↪ max_units(m) {
20         cost_per_unit = static_cast<double>(price) / efficiency;
21     }
22 };
23
24 // Функция для подсчета минимальных затрат на удобрение полей
25 int min_cost_to_fertilize(const vector<int>& fields,
26 ↪ vector<Fertilizer>& fertilizers) {
27     // 1. Подсчитываем общую потребность
28     int total_need = 0;
29     for (int need : fields) {
30         total_need += need;
31     }
32
33     // 2. Сортируем удобрения по себестоимости закрытия единицы
34     ↪ потребности
35     sort(fertilizers.begin(), fertilizers.end(), [](const Fertilizer&
36     ↪ a, const Fertilizer& b) {
37         return a.cost_per_unit < b.cost_per_unit;
38     });
39
40     int total_cost = 0; // Общая стоимость удобрения
41
42     // 3. Обрабатываем каждое удобрение
43     for (const auto& fertilizer : fertilizers) {
44         int can_cover = fertilizer.efficiency * fertilizer.max_units;
45         ↪ // Максимально покрываемая потребность
46         if (total_need <= 0) {
47             break; // Если потребность уже закрыта
48         }
49
50         if (can_cover < total_need) {
51             // Если удобрение не хватает, используем все
52             total_cost += fertilizer.price * fertilizer.max_units; //
53             ↪ Тратим всю стоимость
54             total_need -= can_cover; // Уменьшаем потребность
55         }
56     }
57     return total_cost;
58 }

```

```

47     } else {
48         // Если удобрения хватает, используем только необходимое
49         ↪ количество
50         int needed_units = (total_need + fertilizer.efficiency -
51         ↪ 1) / fertilizer.efficiency; // Сколько единиц нужно
52         total_cost += needed_units * fertilizer.price; // Тратим
53         ↪ только на нужное количество
54         total_need = 0; // Закрываем потребность
55     }
56 }
57
58 // Если осталась незакрытая потребность
59 if (total_need > 0) {
60     return -1; // Невозможно закрыть потребность
61 }
62
63 return total_cost; // Возвращаем общую стоимость
64 }
65
66 int main() {
67     // Ввод данных
68     string input;
69     getline(cin, input); // Считываем всю строку
70
71     // Используем stringstream для разбора строки
72     stringstream ss(input);
73     int N;
74     ss >> N; // Число полей
75
76     vector<int> fields(N);
77     for (int i = 0; i < N; ++i) {
78         ss >> fields[i]; // Потребности
79     }
80
81     vector<Fertilizer> fertilizers; // Список удобрений
82
83     int price, efficiency, max_units;
84     while (ss >> price >> efficiency >> max_units) {
85         fertilizers.emplace_back(price, efficiency, max_units);
86     }
87
88     // Вычисляем минимальные затраты
89     int result = min_cost_to_fertilize(fields, fertilizers);
90
91     // Выводим результат
92     if (result == -1) {
93         cout << "Impossible" << endl;
94     } else {
95         cout << result << endl;
96     }
97
98     return 0;
99 }

```

**Тесты***Пример №1*

<b>Стандартный ввод</b>
2 50 10 3 1 10 5 2 20 10 4 100
<b>Стандартный вывод</b>
150

*Пример №2*

<b>Стандартный ввод</b>
2 50 10 3 1 30 5 2 10 10 4 10
<b>Стандартный вывод</b>
150

*Пример №3*

<b>Стандартный ввод</b>
2 50 10 3 1 30 5 2 10 10 4 5
<b>Стандартный вывод</b>
160

*Пример №4*

<b>Стандартный ввод</b>
2 50 10 3 1 10 5 2 10 10 4 5
<b>Стандартный вывод</b>
Impossible

*Пример №5*

<b>Стандартный ввод</b>
4 100 100 100 100 100 1 1000
<b>Стандартный вывод</b>
40000

*Пример №6*

<b>Стандартный ввод</b>
10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 10
<b>Стандартный вывод</b>
10

*Пример №7*

<b>Стандартный ввод</b>
10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1 1 10 2 2 10 3 3 10 50 4 100
<b>Стандартный вывод</b>
560

*Пример №8*

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

*Пример №9*

<b>Стандартный ввод</b>
1 100 2 1 10 4 2 10 10 3 5 20 1 100
<b>Стандартный вывод</b>
1210

*Пример №10*

<b>Стандартный ввод</b>
1 9999999999999999 1 1 1
<b>Стандартный вывод</b>
Impossible

## 4. Заключительный этап

### 4.1. Работа наставника НТО при подготовке к этапу

На этапе подготовки к заключительному этапу НТО наставник решает две важные задачи: помощь участникам в подготовке к предстоящим соревнованиям и формирование устойчивой и слаженной команды. Заключительный этап требует высокой слаженности, уверенности и глубоких знаний, и наставник становится тем, кто объединяет усилия участников и направляет их в нужное русло.

Наставник помогает участникам:

- разобрать задания прошлых лет, используя официальные сборники, чтобы понять структуру финальных испытаний, типы задач и ожидаемый уровень сложности;
- изучить организационные особенности заключительного этапа, включая формат проведения, регламент, продолжительность и технические нюансы;
- спланировать подготовку — на основе даты начала финала составляется четкий график занятий, в котором распределены темы, практикумы и командные тренировки;
- обратиться (при необходимости) за консультацией к разработчикам заданий по профилю, уточнить, на какие аспекты подготовки следует обратить особое внимание, и получить дополнительные материалы.

Также рекомендуется участие в мероприятиях от организаторов, таких как:

- установочные вебинары и открытые разборы задач;
- хакатоны, практикумы и мастер-классы для финалистов;
- встречи в онлайн-формате, информация о которых публикуется в группе НТО во «ВКонтакте» и в телеграм-чатах профилей.

Наставнику необходимо уделить внимание работе на формировании устойчивой, продуктивной и мотивированной команды:

- **Сплочение команды.** Это особенно актуально, если участники живут в разных городах. Регулярные онлайн-встречи, совместная работа над задачами и неформальное общение помогают наладить доверие и улучшить командную динамику.
- **Анализ ролей.** Наставник вместе с командой определяет, кто за что отвечает, какие задачи входят в зону ответственности каждого участника. Также обсуждаются возможности взаимозаменяемости на случай непредвиденных ситуаций.
- **Оценка компетенций.** Важно определить, какими знаниями и навыками уже обладают участники, а какие необходимо развить. На основе этого формируется индивидуальный и командный план подготовки.
- **Участие в подготовительных мероприятиях от разработчиков профилей.**

---

Перед заключительным этапом проводятся установочные вебинары, разборы задач прошлых лет, практикумы, мастер-классы для финалистов. Информация о таких мероприятиях публикуется в группе НТО в VK и в чатах профилей в Telegram.

- **Практика в формате хакатонов.** Наставник может организовать дистанционные хакатоны или практикумы с использованием заданий прошлых лет и методических рекомендаций из официальных сборников.

Таким образом, наставник становится координатором и моральной опорой команды, помогая пройти заключительный этап НТО с максимальной уверенностью и результатом.

## 4.2. Предметный тур

### 4.2.1. Биология. 8–9 классы

#### ***Задача 4.2.1.1. Быстрорастущие растения (15 баллов)***

Изучите предложенное описание подсемейства растений, ответьте на вопросы и выполните задания:

1. О каких растениях идет речь? Назовите их.
2. Запишите полное название одного из представителей данного вида, опишите внешний вид и основные особенности роста и развития.
3. Чем обусловлен световой режим этого растения? Как он связан с особенностями его строения?
4. Выполните эскиз названного растения с указанием основных органов и/или особенностей строения.
5. Выполните эскиз поперечного разреза плода растения с указанием ключевых деталей.
6. Предложите вариант круглогодичного культивирования растения в Московской области, описав технологию, температурные и световые режимы и особенности роста и развития растений.
7. Каким образом может использоваться урожай названных растений? Опишите варианты применения и примерный портрет потребителя.
8. На поле общей площадью 10 га было равномерно высажено 18 000 семян, всхожесть которых составила 60%. При сборе взрослых растений через 120 суток вся масса была направлена на завод для переработки, где после очистки, промывки и сушки общая масса обработанного сырья составила 570 т. Вычислите среднесуточный прирост биомассы каждого растения при условии равномерного роста, если известно, что потери по массе на каждой из трех последовательных технологических операций (очистка, промывка, сушка) составляет 7% относительно поступившей на технологическую операцию массы. Ответ дайте в граммах с точностью до десятых. При расчетах округляйте до сотой.

#### ***Описание подсемейства растений***

Растения рода *Helianthus* относятся к семейству сложноцветных, порядок Астроцветные. Известно, что наиболее распространенным в средней полосе является представитель, который имеет огрубевший волосистый стебель высотой более 2 м и разветвленную мощную корневую систему.

Уникальной особенностью этих растений является способность быть хорошим медоносом и накапливать в своем теле жирные кислоты. Кроме того, они содержат в своих листьях и каучук, и витамин Е.

Листья, как правило, крупные и расположены на длинных черешках.



Цветки разнообразны и достигают очень крупных размеров, тип соцветия — корзинка. Однако используются в сельском хозяйстве виды и с мелким, и с крупным соцветием.

Также известно, что данное растение было завезено в Россию из Европы и повлияло на его массовое распространение Петр I. После этого в 19 веке растение, адаптировавшееся к условиям России, стало активно использоваться на других континентах как более устойчивое и продуктивное.

Рассматриваемое растение стало объектом исследований селекционеров, преследовавших идею повышения урожайности и повышения скорости накопления полезных веществ в нем.

## Решение

*Приведены примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника.*

1. О каких растениях идет речь? Назовите их.

*Helianthus* — подсолнечник, род семейства Астровые.

2. Запишите полное наименование одного из представителей данного вида, опишите внешний вид, зоны произрастания и основные особенности роста и развития.

*Примеры верного ответа*

Подсолнечник (*Helianthus*), род однолетних и многолетних растений семейства Сложноцветные. Видовой состав рода имеет разъединенный ареал. Около 50 видов трав и полукустарников сосредоточено в Северной Америке и 17 видов кустарникового типа в Южной Америке. Дикорастущие виды подсолнечника распространены в Северной Америке от штата Северная Дакота до Мексики включительно (в археологических раскопках индейских стоянок в штате Огайо (США) найдены семена длиной 25 мм).

В зависимости от адаптивных признаков видов они растут в степной зоне, на болотах, в пустынных местах, на побережье Атлантического океана. Южноамериканские виды распространены в предгорной зоне Перу, Боливии. В культуре возделывают многолетний подсолнечник клубненосный, или топинамбур (*Helianthus tuberosus*), и подсолнечник однолетний, или масличный (*Helianthus annuus*).

Далее информация должна соответствовать ботаническому описанию подсолнечника клубненосного, или топинамбура (*Helianthus tuberosus*), и подсолнечника однолетнего, или масличного (*Helianthus annuus*).

Информация взята из Большой Российской энциклопедии: <https://bigenc.ru/c/podsolnechnik-245ddd>.

3. Чем обусловлен световой режим этого растения? Как он связан с особенностями его строения?

Для растения характерен гелиотропизм: ночью цветы и стебли ориентированы случайно, но перед восходом солнца обязательно начинают ориентироваться на восток, причем механика движения обусловлена наличием специализированных клеток у основания цветка, осуществляющих моторные функции.

4. Выполните эскиз названного растения с указанием основных органов и/или особенностей строения.

Требования к выполнению эскиза:

- нарисовано все растение, включая корни, стебли, листья и прочие органы;
- верно указаны ключевые части растения;
- корректно изображены и подписаны характерные для данного растения органы.

5. Выполните эскиз поперечного разреза плода растения с указанием ключевых деталей.

Требования к выполнению эскиза:

- нарисован плод, характерный для указанного вида растения;
- верно указаны ключевые части плода и выполнен разрез;
- корректно изображены и подписаны характерные для данного плода части.

6. Предложите вариант круглогодичного культивирования этого растения в Московской области, описав технологию, температурные и световые режимы и особенности роста и развития растений.

*Пример ответа на данный вопрос*

Урожайность для средней полосы РФ — до 25–30 ц с 1 га. Подсолнечники цветут в июле – августе.

### **Посев**

Поле вспахивают на глубину 25–30 см или культивируют на 15 см (подходит для засушливых регионов). Вносят минеральные подкормки и перепревший навоз. На один гектар требуется 20–40 т навоза, 22–24 кг фосфора, 55–58 кг азота, 30 кг калия.

Семена высевают в конце апреля – начале мая. Для повышения всхожести их предварительно проращивают в субстрате в течение 48 ч. Плотность посадок должна составлять не более 45–50 тыс. растений на 1 га, расстояние между всходами — 60–100 см, глубина посева для нормального грунта — 6–8 см, при недостаточной влажности — 8–10 см.

### **Стадии роста**

Прорастание семян занимает 10–15 дней. Появляются корешки, всходы поднимаются на поверхность.

Появление листьев, образование корзинки (бутонизация). В течение 30–40 дней формируется листовая аппарат, корзинка диаметром 2 см.

Цветение длится 25–30 дней. В это время растение интенсивно растет, выпускается бутон.

Созревание — 35–40 дней. Появляются тычинки и пестики, образуются семена с тонкой белой кожицей, постепенно темнеющей.

Полное созревание — корзинка приобретает темно-желтый цвет, семена подсолнечника становятся крепкими, твердыми, готовыми к сбору и обработке.

Для круглогодичного выращивания необходимо использовать крытые теплицы

или иные конструкции, способные обеспечить растения необходимыми температурными режимами.

7. Каким образом может использоваться урожай рассматриваемых растений? Опишите варианты применения и потенциального потребителя.

Подсолнечник убирают по достижении хозяйственной зрелости: более 85% растений на поле высыхают, буреют, корзинки склоняются вниз, ядра семян становятся твердыми, кожура легко расщелкивается на зубах. На уборку и вывоз урожая тратят не более 5–10 дней. Если погода дождливая, корзинки до начала уборочных работ обрабатывают десикантами — составами из реглона и хлората магния, которые ускоряют дозревание. В промышленных масштабах обработка ведется с помощью авиации. Убирают урожай зерновыми комбайнами с жатками для подсолнечника («Полесье», «Дон 1500»). Максимально допустимая потеря семян — 2,5%.

Собранные семена доставляют на базу, отделяют от мусора, пропускают через сита и горохоочистители, сушат. Подготовленный урожай идет на длительное хранение или на производство подсолнечного масла.

Потенциальные потребители: производители корма, производители семечек пищевых, производители таких продуктов, как масло, козинаки и прочее.

8. Рассчитаем общий прирост биомассы за весь период.

$$18\,000 \cdot 0,6 = 10\,800 \text{ растений};$$

$$570 \cdot 1,07 = 609,9 \text{ т};$$

$$609,9 \cdot 1,07 = 652,59 \text{ т};$$

$$652,59 \cdot 1,07 = 698,27 \text{ т}.$$

Рассчитаем прирост биомассы каждого растения:

$$698,27/10\,800 = 0,07 \text{ (точное число } 0,06465463);$$

$$(0,07/120) \cdot 1\,000 = 0,58 \text{ г (либо } 64,7/120 = 0,54 \text{ г, если на предыдущем действии сразу перевести в граммы)}.$$

#### ***Задача 4.2.1.2. Прибыльный бизнес (18 баллов)***

На территории выведенного из эксплуатации автомобильного завода в бывшей производственной зоне организован полигон для выращивания пряных трав — укропа, салата айсберг и базилика.

На площадке установлена ярусная гидропонная система с ячейками на 1 растение, расположенными квадратами  $6 \times 6$  ячеек. Всего ферма включает в себя 6 таких квадратов, связанных между собой по 2 штуки общим баком с питательным раствором.

С целью экономии средств на организацию процесса полива и водоснабжения в качестве основы для приготовления питательного раствора тестируется вода из технического водопровода (проба 1), стоки рыбохозяйственного центра, в котором выращиваются раки (проба 2) и сток с рыбного рынка, где продают живых карпов и форель, содержащихся в больших, слабо аэрируемых аквариумах (проба 3).

Эталонный состав питательного раствора, необходимого для быстрого роста и развития растений, представляет собой смесь элементов заданной рецептуры.

Таблица 4.2.1. Эталонный состав питательного раствора

Наименование макроэлементов	Содержание макроэлементов, мг/л	Стоимость, руб./г
Нитрат аммония	165,0	12
Общее железо	2,5	7
Калийная селитра	110,0	10
Калия фосфорнокислый одноосновный	12,0	12

Перед перезапуском производства и принятием решения по поставщику воды были проведены лабораторные исследования, а именно: химический анализ состава вод. Результаты анализа представлены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2. Результаты химического анализа состава проб воды из разных источников

Показатель	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Норма
pH	5,5	6,5	3	От 5,5 до 8,5
TDS	320	200	250	75–250 мг/л
Мутность	4	1,5	12	1,5 мг/л каолина
Нитрат аммония, мг/дм <sup>3</sup>	0	40	80	2,0 мг/л
Железо общ., мг/дм <sup>3</sup>	0,8	0,3	0,4	0,3 мг/дм <sup>3</sup>

1. Проанализируйте данные, полученные в результате исследования. В каких пробах наблюдается превышение ключевых показателей?
2. Предположите, в результате чего повысился каждый показатель и о каких загрязнителях это может свидетельствовать? Откуда они появились в воде?
3. Какое влияние оказывает каждый из этих показателей на рост и развитие растения?
4. Выберите наиболее безопасный для применения вариант воды. Обоснуйте свое решение.
5. Выберите наиболее актуальный для применения в качестве питательного раствора вариант воды. Обоснуйте свое решение.
6. Какие вещества необходимо добавить и в каком количестве (по массе) в каждый из образцов воды, чтобы довести питательный раствор для эталонного состава? Вычислите стоимость 5 л раствора в каждом предложенном случае.
7. Известно, что на показатель мутности могут влиять в том числе микроорганизмы, находящиеся в толще воды и твердые включения. Предположите, откуда они могли появиться в каждой из проб.

8. Технологи́ями было принято решение выращивать все виды растений одновременно. Вычислите прирост биомассы на ферме за сутки и стоимость данного объема продукции, если известно, что для базилика подходит питательный раствор 1 или раствор 3, а для салата — только питательный раствор 2, смешанный на стоках от производства раков. Укроп может расти и в питательном растворе состава 1, и в питательном растворе 2, однако размер и масса его растений в составе 2 будет меньше среднего значения на 5%.

В какой пропорции наиболее выгодно выращивать растения на ферме, если известно, что розничная цена за 100 г срезанного укропа составляет 90 руб., салата — 150 руб., базилика — 100 руб., а количество занятых ячеек каждого из растений должно быть не менее 10. При этом укроп должен занимать не менее 40% всех ячеек, а количество ячеек с салатом составлять 20% от всех ячеек, в которых растет базилик. Средняя продуктивность фермы при использовании эталонного раствора составляет 20 г за весь период роста с одной ячейки. При расчетах округлять значения до целых растений согласно математическим правилам округления.

### Решение

*Приведены примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника.*

1. Проанализируйте данные, полученные в результате исследования. В каких пробах наблюдается превышение показателей?  
Во всех.
2. Предположите, в результате чего повысился данный показатель и о каких загрязнителях это может свидетельствовать? Откуда они появились в воде?  
Присутствует анализ всех превышенных показателей.  
Есть предположения, откуда они взялись.  
Например, железо — старые емкости и трубы. Муть и аммоний — потенциально опасны, появились в процессе жизнедеятельности рыб и водных животных и при отсутствии смены воды и аэрации.
3. Какое влияние оказывает каждый из этих показателей на рост и развитие растения?

Таблица 4.2.3

Показатель	Влияние
pH	Уровни pH влияют на доступность питательных веществ и рост растений. pH также может влиять на поглощение питательных веществ корнями растений. Не все питательные вещества подвергаются одинаковому воздействию, но большинство из них доступны в диапазоне pH от 5,2 до 6,2.

Таблица 4.2.3

Показатель	Влияние
TDS	<p>Изначально все уровни TDS способствуют начальному росту семян, но позднее высокий уровень TDS способствует появлению более высоких растений. Существует оптимальный уровень TDS для развития шпината, составляющий 1 200 ppm. Он обеспечивает баланс доступности питательных веществ. Идеальное TDS воды 5–100 ppm.</p> <p>170 ppm — допустимое значение воды, стандартный уровень солесодержания после качественной угольной очистки.</p> <p>300 ppm — вода с содержанием солей жесткости, очень ограниченная в применении.</p> <p>400 ppm — в такой воде содержится не только огромное содержание солей, но и механические примеси.</p>
Мутность	Зависит от состава твердых частиц, находящихся в растворе.
Нитрат аммония, мг/дм <sup>3</sup>	<p>Используется в качестве удобрения. Аммиачная селитра или нитрат аммония — это эффективное азотное удобрение, используется для увеличения плодородия грунта, повышения урожайности и вкусовых качеств плодов и ягод. Вещество используется не только в садах и огородах, но в цветоводстве.</p> <p>Применение избыточных доз нитрата аммония приводит к тому, что содержание азота в почве из зоны оптимума смещается в зону пессимума и рост и развитие растений подавляются.</p>
Железо общ., мг/дм <sup>3</sup>	Недостаток железа ведет к распаду ростовых фитогормонов (ауксинов), синтезируемых растениями, и поэтому рост растения замедляется. При нарастании дефицита железа на больших листьях появляется хлороз между жилками, начиная от основания листа. В дальнейшем некроз прогрессирует, и листья отмирают и опадают.

4. Выберите наиболее безопасный для применения вариант воды. Обоснуйте свое решение.

*Пример аргументации выбора пробы*

Проба 2. В ней наблюдается наименьшее количество параметров, превышающих норму. Превышение нитрата и подобных соединений можно использовать как элемент удобрения.

5. Выберите наиболее актуальный для применения в качестве питательного раствора вариант воды. Обоснуйте свое решение.

*Пример аргументации выбора пробы*

Проба 2. В ней наблюдается наименьшее количество параметров, превышаю-

щих норму. Превышение нитрата и подобных соединений можно использовать как элемент удобрения. При этом в пробе не содержится потенциально опасных примесей.

6. Какие вещества необходимо добавить и в каком количестве (по массе) в каждый из образцов воды, чтобы довести питательный раствор для эталонного состава? Вычислите стоимость 5 л раствора.

Таблица 4.2.4

Наименование макроэлементов	Стоимость руб./г	Стоимость за мг	Содержание макроэлементов, мг/л	Раствор 1, мг/л / стоимость	Раствор 2, мг/л / стоимость	Раствор 3, мг/л / стоимость
Нитрат аммония	12	0,012	165,0	0 $165 \cdot 0,012 = 1,98$	40 $(165 - 40) \cdot 0,012 = 1,5$	80 $(165 - 80) \cdot 0,012 =$
Общее железо	7	0,07	2,5	0,8 / $2,5 - 0,8 = 1,7$ $1,7 \cdot 0,07 = 0,119$	0,3 / $2,5 - 0,3 = 2,2$ $2,2 \cdot 0,07 = 0,154$	0,4 / $2,5 - 0,4 = 2,1$ $2,1 \cdot 0,07 = 0,147$
Калийная селитра	10	0,01	110,0	$110 \cdot 0,01 = 1,1$	1,1	1,1
Калия фосфорнокислый одноосновный	12	0,012	12,0	$12 \cdot 0,012 = 0,144$	0,144	0,144
<b>Стоимость 1 л</b>				3,343	2,898	3,802

Стоимость 5 л:  $2,898 \cdot 5 = 14,49$  руб.

7. Известно, что на показатель мутности могут влиять в том числе микроорганизмы, находящиеся в толще воды и твердые включения. Предположите, откуда они появились в каждой из проб.

Пример ответа:

- Вода из технического водопровода (проба 1) — твердые частицы, попавшие в водопровод через старые уплотнения, коррозия (ржавчина) части поверхности самого трубопровода, мусор и прочее.
  - Стоки рыбохозяйственного центра, в котором выращиваются раки (проба 2) — сток с фильтров, остатки кормов и отходы жизнедеятельности ракообразных.
  - Сток с рыбного рынка, где продают живых карпов и форель, которые содержатся в больших, слабо аэрируемых аквариумах (проба 3) — микроорганизмы, развивающиеся в сточной воде, сток с фильтров, остатки кормов и отходы жизнедеятельности рыб.
8. Технологиами было принято решение выращивать все виды растений одновременно. Вычислите прирост биомассы на ферме за сутки и стоимость данного объема продукции, если известно, что для базилика подходит питательный раствор 1 или раствор 3, а для салата — только питательный раствор 2, смешанный на стоках от производства раков. Укроп может расти и в питательном

растворе состава 1, и в питательном растворе 2, однако размер и масса его растений в составе 2 будет меньше среднего значения на 5%.

В какой пропорции выгоднее всего выращивать растения на ферме, если известно, что розничная цена за 100 г срезанного укропа составляет 90 руб., салата — 150 руб., базилика — 100 руб., а количество занятых ячеек каждого из растений должно быть не менее 10. При этом укроп должен занимать не менее 40% всех ячеек, а количество ячеек с салатом составлять 20% от всех ячеек, в которых растет базилик. Средняя продуктивность фермы при использовании эталонного раствора составляет 20 г за весь период роста с одной ячейки. При расчетах округлять значения до целых растений согласно математическим правилам округления.

Вычислим общее количество ячеек.  $6 \cdot 6 = 36$  в одном квадрате.

6 квадратов по 36 ячеек.

Связаны по 2 штуки (по 72) — то есть всего есть 3 бака с питательными растворами.

Укропа должно быть посеяно — не менее 40%.

То есть минимум 2 бака раствора ( $3/2 = 1,5$ ) должны быть с раствором 1 или 2.

Так как ячейки связаны по 2 штуки, а выращивать необходимо все растения, то:

бак 1 — раствор 1 — 72;

бак 2 — раствор 2 — 72;

бак 3 — раствор 1 — 72 ячейки.

Всего: 216.

$0,4 \cdot 216 = 86$  — укроп;

$216 - 86 = 130$  — базилик и салат;

$X + 0,2X = 130$ ;

$X = 130/1,2 = 108$  — количество базилика;

22 — количество салата.

Бак 1 — раствор 2 — укроп 50 шт. (минус 5%) + 22 шт. салат.

Бак 2 — раствор 1 — укроп 36 шт. + базилик 36 шт.

Бак 3 — раствор 1 — базилик 72 шт.

Вычислим прирост биомассы пряных трав за сутки.

Бак 1:  $50 \cdot 20 \cdot 0,95 \cdot 0,9 + 22 \cdot 20 \cdot 1,5 = 855 + 660 = 1\,515$ .

Бак 2:  $36 \cdot 20 \cdot 0,9 + 36 \cdot 20 \cdot 1 = 648 + 720 = 1\,368$ .

Бак 3:  $72 \cdot 20 \cdot 1 = 1\,440$ .

Сумма: 4 323 руб.



### **Задача 4.2.1.3. Методы анализа проб (15 баллов)**

Биологические жидкости человека и животных, а также их свойства и параметры являются одними из удобных показателей, характеризующих состояние здоровья, и широко используются в медицине и ветеринарии.

Для анализа каждого из отбираемых компонентов необходимо выполнить целый ряд правил, правильно осуществив отбор пробы, сохранив ее свойства в условиях контакта с элементами внешней среды, выделив ключевые компоненты для анализа и проведя микроскопирование, либо биохимические исследования для определения количественного и качественного состава пробы.

Ознакомьтесь с двумя описаниями методов лабораторных исследований и ответьте на вопросы ниже.

- А. Забор пробы происходит у практически неподвижного спокойного животного. При правильном попадании иглы биологическая жидкость интенсивно поступает в пробоприемник (чаще всего пробирку), в которой содержится стабилизирующее вещество, позволяющее сохранить все элементы и компоненты пробы. Несмотря на это, проводить все анализы и исследования рекомендуется как можно быстрее, избегая деградации компонентов.

Для проведения микроскопирования используют капилляр, с помощью которого переносят малое количество пробы на предметное стекло, с края. После этого с помощью покровного стекла каплю равномерно распределяют по поверхности до образования характерного «языка» в конце пробы. Затем полученный микропрепарат подсушивают и окрашивают с помощью метиленового синего или по Райту. При направленном исследовании рекомендуется пользоваться определенным алгоритмом, который позволяет последовательно определять компоненты в стандартном порядке от простого к сложному.

- Б. Забор пробы происходит у практически неподвижного спокойного животного. При правильном попадании с помощью стерильной петли производят забор фрагмента ткани с поверхности слизистой оболочки, после чего заменяют клеточную жидкость жидким парафином или глицерином. Несмотря на это, проводить все анализы и исследования рекомендуется как можно быстрее, избегая деградации компонентов.

Далее полученную пробу разделяют на микронные полоски с помощью специализированного аппарата и переносят на предметные стекла, окрашивая их или вводя маркирующие отметки.

При направленном исследовании рекомендуется пользоваться определенным алгоритмом, который позволяет последовательно определять компоненты в стандартном порядке от простого к сложному.

Вопросы:

1. Определите, о каких методах исследования идет речь в каждом из описанных случаев и запишите их названия. Для чего проводятся данные исследования и что они позволяют определить?
2. Как повлияет на качество анализа толщина слоя полученной пробы, приготовленной по описанному алгоритму, при исследовании и какая будет считаться наиболее информативной? Почему?
3. Какое вещество может быть использовано в пробе А в качестве стабилизиру-

ющего вещества? Укажите название и краткое описание его свойств.

4. Для чего в пробу Б добавляют глицерин и формалин? Опишите свойства этих веществ и технологию их введения в пробу при анализе.
5. У пациента продолжительное время болит правый бок, кружится голова и идет кровь из носа. Какой из предложенных в задании методов может быть использован для первичной диагностики состояния и почему?

## **Решение**

*Приведены примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника.*

1. Анализ крови, гистологический анализ.

### *Пример ответа*

Общий анализ крови позволяет оценить количественные и качественные характеристики форменных элементов крови — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, а также исследовать цветовой показатель эритроцитов. Это исследование качественного и количественного состава крови, которое позволяет дать комплексную оценку состояния здоровья, а также своевременно выявить имеющиеся патологии, в том числе, скрытые.

Гистологический анализ широко применяется для диагностики онкологических заболеваний. Он дает высокоточную информацию о типе клеток взятого материала. Такой метод обследования основывается на изучении тканей, полученных в результате различных процедур: биопсии, среза, пункции, мазка. Можно получить подробную информацию о виде патологии: воспаление (острое, хроническое, инфекционное, неинфекционное), доброкачественные опухоли, предраковые состояния, злокачественные опухоли и др.; об изменении состояния ткани: атрофия, гипертрофия, дисплазия и др.; по тяжести заболевания, степени его распространенности.

2. Как повлияет на качество анализа толщина слоя полученной пробы, приготовленной по описанному алгоритму при исследовании, и какая будет считаться наиболее информативной? Почему?

### *Пример ответа*

Толстый слой и в первом, и во втором случаях не позволит лучу света при микроскопировании пройти через образец и просветить его структуры.

В результате скопления и уплотнения (плохо просвеченные зоны) можно интерпретировать как наличие в крови бактерий или паразитов, а при гистологическом исследовании — как деформации и изменения тканей. Таким образом, слой образца должен быть достаточно тонким и равномерным.

3. Какое вещество может быть использовано в пробе А в качестве стабилизирующего вещества? Укажите название и краткое описание его свойств.

### *Пример ответа*

Чаще всего используется ЭДТА (этилендиаминтетраацетат), потому что этот антикоагулянт позволяет лучше сохранить исследуемые форменные элементы крови. Однако для упреждения разного рода морфологической дегградации клеток промежуток времени между взятием свежей и хорошо гомогенизированной

ванной крови и изготовлением препарата должен быть максимально коротким.

4. Для чего в пробу Б добавляют глицерин и формалин? Опишите свойства этих веществ и технологию их введения в пробу при анализе.

*Пример ответа*

- фиксация: биоптат обрабатывают формалином (это вещество поможет остановить процесс естественного разложения тканей);
  - проводка: фрагмент ткани обезвоживают и пропитывают глицерином или парафином, чтобы сделать его более плотным;
  - заливка: биоптат заливают жидким глицерином или парафином, формируя небольшой кубик — блок;
  - резка: блок нарезают на «ломтики» (срезы);
  - окрашивание «ломтиков» специальными красителями;
  - консервация: срезы закрывают покровным стеклом; в таком виде они могут храниться до трех лет.
5. Для первичной диагностики нужно сдать общий анализ крови. Биопсия и гистология образцов является специфичным методом исследования и назначается только при подтвержденных подозрениях на наличие того или иного диагноза.

#### ***Задача 4.2.1.4. Арктические приключения (12 баллов)***

С древних времен человечество осваивало новые территории и отправлялось в далекие земли в поисках не только нового дома, но и знаний или ресурсов.

Часть увлекательных и опасных экспедиций была направлена на покорение особо холодных частей нашей планеты, а именно, Арктики.

Для подобных путешествий люди должны были заранее просчитывать не только свой маршрут и возможные места для ночлега и обитания, но и тщательно подбирать свой рацион, ведь вероятность получения питательных продуктов в природной среде в этом случае минимальна. Современные экспедиции и работы часто обеспечиваются сухими пайками, скрупулезно подобранными по калорийности и составу в соответствии с предполагаемой загрузкой сотрудника, весом, ростом и особенностями климата.

Вахтовый научный сотрудник Арсений, проработав полгода в Арктике, пожаловался на приеме у врача на следующие проблемы: ощущение, что порций обеда становится недостаточно и подозрения в урезке сухого пайка, непривычные привкусы продуктов, желание постоянно двигаться, тренироваться, заниматься тяжелым физическим трудом, есть меньше жирной пищи и пить большое количество воды, проблемы с глазами (резь, быстрая усталость, мутноватое зрение) во время долгой работы на открытом воздухе, трудности с засыпанием.

После разговора Арсения обследовали и предложили на выбор следующие витаминные комплексы: Вита+ (ретинол, витамин B2, B1), Витамайнер (витамины C и K), Полинорм (витамины D, E, C, магний, метионин), а также рекомендовали соблюдать предложенный рацион и увеличить физические нагрузки в спортивном зале.

1. Какой из предложенных поливитаминных комплексов можно порекомендовать

Арсению и почему? Выберите один состав и опишите влияние каждого компонента на организм человека.

2. Какие традиционные для северных регионов России продукты животноводства и растениеводства могут наполнять рацион населения и позволять получить большее количество калорий? Предложите не менее трех вариантов.
3. Пеммикан является одним из традиционных питательных составов, используемых в пищу северными народами.

Так, один из современных адаптированных рецептов его приготовления выглядит следующим образом, см. таблицу 4.2.5.

Таблица 4.2.5

Наименование ингредиента	Масса, г	Калорийность на 100 г, ккал	Содержание белков, г в 100 г	Содержание жиров, г в 100 г	Содержание углеводов, г в 100 г
Говядина	3 000	250	26	15	0
Финики	600	292	2,5	0,5	69,2
Брусника	1 000	46	0,7	0,5	8,2
Жир топленый	300	896	0	99,6	0
Соль	25	0	0	0	0

Вычислите калорийность порции пеммикана, если известно, что весь предложенный состав рассчитан на пять человек и три приема пищи, причем порции, формируемые на завтрак, вдвое меньше по массе, чем порции обеда и ужина. Как изменится данный показатель, если говядину исключить из данного списка? Какие еще изменения это принесет в других показателях? Как это повлияет на людей, постоянно питающихся измененным составом?

4. По наблюдениям врачей, у работников лидируют заболевания и патологии органов зрительной системы. Какие органы сходят в данную систему? Перечислите их.
5. Какие факторы оказывают наибольшее негативное влияние на органы зрительной системы? Перечислите их и дайте рекомендации по снижению воздействия на человека.

## Решение

*Приведены примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника.*

1. Полиноرم (витамины D, E, C, магний, метионин).

Витамин D помогает организму усваивать кальций и фосфор, которые необходимы для роста костей. Помимо строительной функции, витамин выполняет защитную: сокращает рост раковых клеток, помогает иммунитету бороться с инфекциями, уменьшает выраженность воспалительных процессов.

Витамин E влияет на свертываемость крови, помогая предупреждать образование тромбов, улучшает эластичность крупных и мелких сосудов, а также замедляет образование холестериновых бляшек.

Витамин С способствует укреплению сердечно-сосудистой системы. Он улучшает состояние сосудов, снижает вредный холестерин, а значит, работает на предотвращение патологий сердца и сосудов. К тому же он помогает разжижать кровь, то есть профилактирует образование тромбов.

Магний обеспечивает исправную работу мышц и нервов, обеспечивает устойчивый ритм сердца, поддерживает хорошую работу иммунной системы и здоровье костей. Кроме того, он стабилизирует уровень сахара в крови и артериальное давление. Вечерний прием препарата помогает повысить концентрацию ионов Mg в крови, что расслабляет мышцы, успокаивает нервную систему и облегчает засыпание.

Метионин позволяет сократить уровень гистамина, что в свою очередь уменьшает аллергические реакции организма. Обладает антиоксидантными и детоксицирующими свойствами, связываясь со свободными радикалами и токсинами. Помогает нормализовать здоровый цикл сна и бодрствования. Метионин также обладает жирорастворимым эффектом и уменьшает осаждение жира в печени.

2. Какие традиционные для северных регионов России продукты животноводства и растениеводства могут наполнять рацион населения и позволять получить большее количество калорий? Предложите не менее трех вариантов.

Оленина, медвежатина, жирная рыба, кровь животных, дичь, кедровые орехи.

3. Вычислим калорийность обеденной порции пеммикана, если известно, что весь предложенный состав рассчитан на пять человек и три приема пищи, причем порции, формируемые на завтрак вдвое меньше по массе, чем порции обеда и ужина.

$$250 + 292 + 46 + 896 = 1\,484 \text{ ккал.}$$

Всего имеется пять человек и три приема пищи.

Первый прием пищи дает  $\frac{1}{2}$  порции, таким образом всего

$$5 \cdot \frac{1}{2} + 5 \cdot 3 + 5 \cdot 3 = 32,5 \text{ порции.}$$

Тогда одна порция  $\frac{1\,484}{32,5} = 45,66 \text{ ккал.}$

Как изменится данный показатель, если говядину исключить из списка?

$$292 + 46 + 896 = 1\,234 \text{ ккал.}$$

Тогда одна порция  $\frac{1\,234}{32,5} = 37,99 \text{ ккал.}$

Какие еще изменения это принесет в других показателях?

Изменится общая масса порции и значительно уменьшится содержание белков. Недостаток белков влияет на человека следующим образом.

Белки являются основным строительным материалом организма, поэтому даже легкие формы белковой недостаточности, внешне протекающие бессимптомно, влияют на способность противостоять инфекции или на скорость заживления ран, замедляют рост ногтей и волос, вызывают сухость кожи. Затем может ухудшаться работа иммунной системы, могут возникнуть проблемы с выработкой гормонов и др. При тяжелой белковой недостаточности разви-

вается кахексия (степень крайнего истощения организма), нарушаются процессы кроветворения и др.

4. По наблюдениям врачей, у работников лидируют заболевания и патологии органов зрительной системы. Какие органы входят в данную систему? Перечислите их.

Глаз, или орган зрения, состоит из глазного яблока, зрительного нерва. Отдельно существуют вспомогательные органы (веки, слезный аппарат, мышцы глазного яблока).

Строение и функционирование глаза человека:

- роговица;
  - радужка;
  - зрачок;
  - хрусталик;
  - сетчатка;
  - стекловидное тело;
  - склера.
5. Какие факторы оказывают наибольшее негативное влияние на органы зрительной системы? Перечислите их и дайте рекомендации по снижению вредного воздействия на человека.

Факторы: ветер, холод, снег при работе на улице, слепящий снежный покров, постоянное искусственное освещение, недостаточное питание, общее состояние стресса.

Рекомендации по снижению воздействия: соблюдение рабочего графика, чередование времени присутствия и отсутствия в зонах повышенной световой нагрузки, использование защитных очков с затемнением, подбор ламп комфортного для человека спектра, правильное питание и употребление витаминных комплексов, психоэмоциональная разгрузка (спорт, кино, музыка и т. д.).

### ***Задача 4.2.1.5. Отбор и селекция полезных растений (20 баллов)***

На ферме на острове N в течение нескольких десятков лет выращивают уникальное съедобное растение для пищевого использования — горох голубовато-зеленого цвета, который является визитной карточкой местного фермера и узнаваем не только на самом острове, но и на соседнем материке.

Фермерское хозяйство было принято расширить, и на соседнем острове M организовали поля для выращивания нового продукта. Первый посев осуществили с применением посевного материала с фермы на острове N. Урожай быстро раскупили потребители, после чего приняли решение расширить поля и удвоить площадь посевов, докупив посевной материал голубовато-зеленого цвета у поставщиков из другой страны и удешевив производство, ведь семена с фермы острова N стоили почти вдвое дороже, чем семена иностранного поставщика. Семена с острова N скрестили с новыми семенами и высадили на поле.

В первый урожай после этого на острове вырос только голубовато-зеленый горошек, и фермер принял решение оборвать связи с островом N. Неожиданно в следующем году на поле появились растения розоватого цвета, которые, как уверенно

заявил фермер, он вывел с применением генетических технологий и уникальной родниковой воды из местного источника.

После этого случая хозяин новой фермы, радуясь успеху, сохранил урожай, вручную отсортировал розовые и голубовато-зеленые горошинки и самостоятельно использовал их как посевной материал. На следующий год возшло более 90% от запланированного объема, но в урожае голубовато-зеленого поля снова присутствовали как зеленые, так и розовые растения. Фермер провел повторный отбор уже самостоятельно, но результат повторился.

Фермер был крайне заинтересован и решил привлечь команду исследователей для сохранения нового вида — розового горошка.

1. Запишите все генотипы и фенотипы горошка, описанного в задаче. Какой цвет является доминантным?
2. Зарисуйте решетку Пеннета для урожая каждого года при условии скрещивания только тех растений, которые могли оказаться в посевном материале и посчитайте количество возможных генотипов в каждом поколении с учетом описанных признаков.
3. Какой по генотипу урожай фермер сможет получить с поля, на котором посеяны только горошинки из посевного материала от поставщика в первый год при скрещивании посевного материала с урожаем третьего года?
4. Сколько тонн розового горошка было получено с двух полей по 100 растений на каждом, если известно, что каждое растение с голубовато-зеленым горошком дает по массе на 20% больше, чем розовое растение, а суммарная масса всего урожая составляет 220 т.
5. Какие обстоятельства и действия из перечисленных хозяином фермы помогли ему получить новый продукт?
6. Попробуйте представить себя на месте команды исследователей. Дайте фермеру подробные рекомендации по сохранению нового вида горошка.

### **Решение**

*Приведены примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника*

1. Доминантным является голубовато-зеленый цвет АА, поэтому при генотипе Аа наблюдается также голубовато-зеленое окрашивание, розовый цвет — рецессивный аа.
- 2.

Таблица 4.2.6. Первый год

♂♀	<b>А</b>	<b>А</b>
<b>А</b>	АА	АА
<b>А</b>	АА	АА

Таблица 4.2.7. Второй год

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>A</b>	AA	Aa

Таблица 4.2.8. Третий год

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>a</b>	Aa	aa

Таблица 4.2.9. Четвертый год. Голубовато-зеленый горошек

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>a</b>	Aa	aa

Таблица 4.2.10. Четвертый год. Розоватый горошек

♂♀	<b>a</b>	<b>a</b>
<b>a</b>	aa	aa
<b>a</b>	aa	aa

3. Какой по генотипу урожай фермер сможет получить с поля, на котором посеяны только горошинки из посевного материала от поставщика в первый год при скрещивании посевного материала с урожаем третьего года?

AA x AA единообразно голубовато-зеленый AA,

AA x Aa 1 : 2 : 1 по генотипу и 3 : 1 по фенотипу,

AA x aa единообразно голубовато-зеленый Aa.

4. Сколько тонн розового горошка было получено с двух полей по 100 растений на каждом, если известно, что каждое растение с голубовато-зеленым горошком дает по массе на 20% больше, чем розовое растение, а суммарная масса всего урожая составляет 220 т. В процессе вычислений рекомендуем округлять получаемые значения до сотых.

100 растений на розовом поле.

100 растений на голубовато-зеленом поле с распределением 3 : 1.

То есть 25 растений — розовые, 75 — голубовато-зеленые.

Итого 125 растений — розовые, 75 — голубовато-зеленые.

X — масса розового горошка.

1,2X — масса голубовато-зеленого горошка.



$$125X + 75 \cdot 1,25X = 220,$$

$$218,75X = 220,$$

$$X = 220/218,75 = 1,$$

$$125X = 125 \cdot 1 = 125 \text{ т розового горошка.}$$

5. Какие обстоятельства и действия из перечисленных хозяином фермы помогли ему получить новый продукт?

Обычное скрещивание гомозиготных и гетерозиготных особей. Не вода для полива.

6. Попробуйте представить себя на месте команды исследователей. Дайте фермеру подробные рекомендации по сохранению нового вида горошка.

Отбор и изоляция в отдельные лабораторные помещения, поддержание чистоты скрещиваемых растений.

### **Задача 4.2.1.6. Экологическая катастрофа (20 баллов)**

На водном объекте произошла техногенная катастрофа, в результате которой корабль, перевозивший опасное вещество, затонул у берега.

Само вещество при этом вылилось из хранилища и растеклось по поверхности равномерной пленкой.

Известно, что общая масса вылившегося вещества составляет 4,8 т, а его плотность 0,95 г/см<sup>3</sup>.

1. Вычислите общую поверхность поражения, если известно, что нефтепродукт образовал пленку толщиной 0,5 мм, занимающую 18% поверхности водоема.
2. Какие биологические процессы происходят в водоемах в толще воды? Приведите не менее двух примеров с описанием биохимии процесса. Как повлияет на них наличие вещества-загрязнителя в водоеме?
3. Как человек может повлиять на процесс восстановления природной среды после катастрофы?
4. Предложите технологию очистки водоема с применением механических устройств и биологических объектов.
5. В чем отличие последствий от подобных ситуаций аварийного пролива нефтепродуктов в море и на озере? Предложите вариант наиболее негативного и позитивного сценариев в каждой из локаций. Запишите комментарии в таблицу 4.2.11.

Таблица 4.2.11

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Болото					

	Определе- ние терми- на	Факторы, по- ложительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий раз- вития собы- тий	Негативный сценарий раз- вития собы- тий
Пруд					
Океан					
Лиман					

6. Вычислите общую массу вещества-загрязнителя, попавшего с пищей в тело человека, если известно, что он съел на обед 400 г филе карпа с 150 г салата из ламинарии, а на ужин — 420 г котлет из щуки с 200 г картофеля. Известно, что водные растения накопили около 8% по массе вещества-загрязнителя, а далее это количество изменяется согласно общей пропорции. Ответ дайте в граммах.

### Решение

#### *Примеры решений и приблизительная логика рассуждений участника*

На водном объекте произошла техногенная катастрофа, в результате которой корабль, перевозивший опасное вещество, затонул у берега.

Само вещество при этом вылилось из хранилища и растеклось по поверхности равномерной пленкой.

Известно, что общая масса вылившегося вещества составляет 4,8 т, а его плотность 0,95 г/см<sup>3</sup>.

1. Вычислим общую площадь поверхности поражения, если известно, что нефтепродукт образовал пленку толщиной 0,5 мм, занимающую 18% поверхности водоема.

Определим объем вылившегося нефтепродукта:

$$V = 4\,800\,000 / 0,95 = 5\,052\,631,58 \text{ см}^3 = 5,05 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем площадь, зная объем и толщину слоя:

$$S = V/h = 5\,052\,631,58 / 0,05 = 101\,052\,632 \text{ см}^2 = 10\,105,26 \text{ м}^2.$$

2. Какие биологические процессы происходят в водоемах в толще воды? Приведите не менее двух примеров с описанием биохимии процесса. Как повлияет на них наличие вещества-загрязнителя в водоеме?

В качестве верного ответа в перечень входящей информации могут входить следующие процессы:

- фотосинтез;
- эвтрофикация;
- минерализация и т. д.

#### *Пример части верного ответа*

Фотосинтез — процесс, при котором в клетках, содержащих хлорофилл, под

действием энергии света образуются органические вещества из неорганических.

Процессы фотосинтеза идут в тканях, содержащих хлоропласты, — преимущественно в листе, на который приходится большая часть процессов фотосинтеза.

Как повлияет наличие вещества-загрязнителя в водоеме на фотосинтез: из-за появления посторонних частиц снижается прозрачность воды и солнечный свет хуже проникает через толщу воды, что негативно воздействует на процесс фотосинтеза.

3. Как может повлиять на процесс восстановления природной среды после катастрофы человек?

Положительно и отрицательно.

При активном использовании без очистки от загрязнения природная среда не сможет восстанавливаться и самостоятельно перерабатывать вещество-загрязнитель.

При быстром реагировании и сборе загрязнителя устранить последствия можно устранить очень быстро.

4. Предложите технологию очистки водоема с применением механических устройств и биологических объектов.

Есть несколько самых распространенных способов очистки воды от нефте-содержащих загрязнений: отстаивание, коагуляция и флокуляция, флотация, сорбция. Последние три способа относятся к физико-химическим.

Сбор нефти осуществляется насосами, которые снабжаются специальными насадками, позволяющими собирать нефть с поверхности воды, и гибкими плавучими рукавами для ее отвода. Проблема сбора нефти при помощи насосов в том, что она образует очень тонкую пленку, захватить которую без большого количества воды сложно.

Для дальнейшей обработки можно использовать микроорганизмы, способные проводить биodeградацию нефтяных загрязнений.

5. В чем отличие последствий от подобных ситуаций аварийного пролива нефтепродуктов в море и на озере? Предложите вариант наиболее негативного и позитивного сценария в каждой из локаций. Запишите комментарии в таблицу [4.2.11](#).

Таблица 4.2.12. Решение

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Болото	Водный объект, увлажненный участок суши с влаголюбивой растительностью	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов
Пруд	Искусственный водоем в естественном или выкопанном углублении, а также запруженное место в реке	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов
Океан	Весь водный покров земли или его часть между материками; основная часть гидросферы, непрерывная, но не сплошная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова и отличающаяся общностью солевого состава	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов

Таблица 4.2.12. Решение

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Лиман	Залив в низовьях реки, а также соленое озеро вблизи моря, обычно богатое целебными лечебными грязями	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов

6. Вычислите общую массу вещества-загрязнителя, попавшего с пищей в тело человека, если известно, что он съел на обед 400 г филе карпа с 150 г салата из ламинарии, а на ужин — 200 г котлет из щуки с 200 г картофеля. Известно, что водные растения накопили около 8% по массе вещества-загрязнителя, а далее это количество изменяется согласно общей пропорции. Ответ дайте в граммах.

Ламинария.

$$150 \text{ г салата} \cdot 0,08 = 12 \text{ г},$$

400 г карпа по трофическим цепям питалось 4 000 г ламинарии,

$$4\,000 \cdot 0,08 = 320 \text{ г нефтепродукта}.$$

Соответственно, в карпе накоплено 32 г нефтепродукта.

В щуке накоплено 1,6 г нефтепродукта.

$$\text{Итого: } 12 + 32 + 1,6 = 45,6 \text{ г нефтепродукта}.$$

## 4.2.2. Биология. 10–11 классы

### Задача 4.2.2.1. Быстрорастущие растения (15 баллов)

Изучите предложенное описание подсемейства растений, ответьте на вопросы и выполните задания:

1. О каких растениях идет речь? Назовите данное подсемейство растений.
2. К какому порядку относятся данные растения? Запишите в ответ наименование порядка.

3. К какому классу относятся эти растения? Запишите в ответ наименование класса.
4. Известно, что наиболее распространенным представителем семейства является вид, в наименовании которого вторым словом указано *vulgaris*. Укажите его полное наименование, опишите внешний вид и основные особенности роста и развития.
5. Чем обусловлен водный режим изучаемого растения? Как он связан с особенностями его строения?
6. Выполните эскиз растения с указанием основных органов и/или особенностей строения.
7. Выполните эскиз поперечного разреза стебля растения при микроскопировании.
8. Выполните эскиз продольного разреза стебля растения при микроскопировании.
9. Предложите вариант круглогодичного культивирования растения в Московской области, описав технологию, температурные и световые режимы и особенности роста и развития растений.
10. Каким образом будет использоваться урожай этих растений? Опишите варианты применения и потребителя.
11. На поле общей площадью 2 га было равномерно высажено 10 000 семян растения из п. 4, всхожесть которых составила 78%. При сборе взрослых растений через 90 суток вся масса растений была направлена на завод для переработки, где после очистки, промывки и сушки общая масса сырья составила 270 т. Вычислите среднесуточный прирост биомассы каждого растения, если известно, что потери по массе на каждой из трех операций составляет 5%. При расчетах рекомендуется округлять значения до сотых.

#### Описание подсемейства растений

Растения данного подсемейства относятся к семейству злаков, порядок \_\_\_\_\_, класс \_\_\_\_\_. Известно, что нередко это многолетние корневищные растения, характерные стебли которых часто могут достигать в высоту нескольких десятков метров, некоторые из них начинают ветвиться, а некоторые — иметь лианообразные формы или быть похожими на травянистые растения.

Уникальной особенностью этих растений является скорость их роста. Достигая предельной высоты в короткий период быстрого роста, они могут продолжить развитие только в виде небольших боковых отростков, иногда в значительном количестве.

Листья имеют широкие листовые пластины и короткие черешки, прикрепляющие их к стеблю. Цветки разнообразны и могут объединяться в колоски или разнообразные сложные соцветия шаровидной формы.

#### **Решение**

1. О каких растениях идет речь? Назовите данное подсемейство растений.  
Бамбуковые.
2. К какому порядку относятся данные растения? Запишите в ответ наименование порядка.

Злакоцветные.

3. К какому классу относятся данные растения? Запишите в ответ наименование класса.

Однодольные.

4. Известно, что наиболее распространенным представителем семейства является вид, в наименовании которого вторым словом указано *vulgaris*. Укажите его полное наименование, опишите внешний вид и основные особенности роста и развития.

Бамбук обыкновенный (лат. *Bambusa vulgaris*) — травянистое растение с одревесневающим стеблем.

Корневищные многолетники с одревесневающими стеблями-соломинами высотой около 3 м (иногда 40 м и более).

Растение травянистой или древовидной формы с рекордной быстротой роста (115 см за сутки) и высотой до 40 м.

5. Чем обусловлен водный режим данного растения? Как он связан с особенностями строения данного растения?

Бамбук предпочитает повышенную влажность и в процессе активного роста потребляет большое количество воды. Поэтому выращивать его можно не только в почве, но и в воде. Стебель бамбука, имеющий строение полой трубки с перепонками-перекрытиями, позволяет быстро передавать влагу при активном росте во все части растения и сохранять ее. Эти и другие особенности строения позволяют ему стойко выдерживать засуху и перепады температур.

6. Выполните эскиз растения с указанием основных органов и/или особенностей строения.

7. Выполните эскиз поперечного разреза стебля растения.

8. Выполните эскиз продольного разреза стебля растения.

Примеры картинок и эскизов (пп. 6–8).

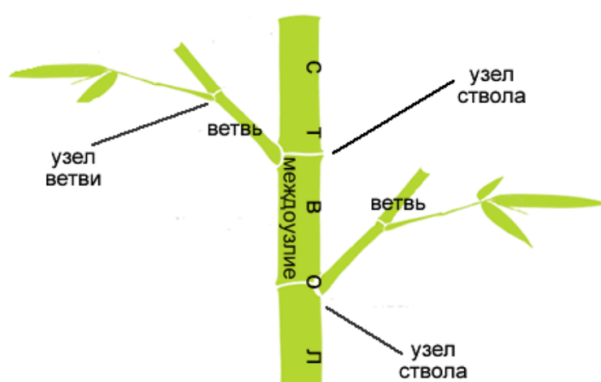


Рис. 4.2.1



Рис. 4.2.2



Рис. 4.2.3

9. Предложите вариант круглогодичного культивирования данного растения в Московской области, описав технологию, температурные и световые режимы и особенности роста и развития растений.

*Пример ответа*

Обычно бамбук высаживают в грунт в середине весны, поскольку к этому времени почва успевает прогреться до 15 °С. Самая подходящая по кислотности для выращивания бамбука почва — нейтральная. Место, где он будет расти, должно быть слабо затененным или солнечным.

Саженцы нужно высаживать на глубину до 30 см, поскольку почва должна полностью покрывать его корневую систему. На дно посадочной ямы помещают немного дробленого камня или морской гальки. При посадке нескольких саженцев необходимо сохранять между ними расстояние около 50 см.



Сразу после высадки саженцев их нужно умеренно полить, т. е. почва должна быть хорошо увлажнена, но без стоячей воды.

Для длинных саженцев требуется сделать опору в виде колышков для подвязки, как это делается при выращивании огурцов в теплицах. Опору можно убрать после того, как корневая система растения достаточно укреплется.

Уже в первый год после посадки бамбука он даст молодые поросли, которые далее будут все больше укрепляться.

Важно знать, что корневую систему бамбука нужно зимой хорошо утеплять. Стебли и листва этого не требуют, поскольку если хорошо утеплить корни, то весной и то, и другое быстро отрастет.

Часть сортов стойко переносит зиму, однако для круглогодичного выращивания необходимо использовать крытые теплицы или иные конструкции, способные обеспечить растения необходимыми температурными режимами.

10. Каким образом будет использоваться урожай данных растений? Опишите варианты применения и потребителя.

Помимо декоративной функции, бамбук является идеальным возобновляемым ресурсом для производства тканей, продовольствия, биотоплива и бумаги, древесины.

11. На поле общей площадью 2 га было равномерно высажено 10 000 семян растения из п. 4, всхожесть которых составила 78%. При сборе взрослых растений через 90 суток вся масса растений была направлена на завод для переработки, где после очистки, промывки и сушки общая масса сырья составила 270 т. Вычислите среднесуточный прирост биомассы каждого растения, если известно, что потери по массе на каждой из 3 операций составляет 5%.

$$10\,000 \cdot 0,78 = 7\,800 \text{ растений,}$$

$$270 \cdot 1,05 = 283,5 \text{ т,}$$

$$283,5 \cdot 1,05 = 297,68 \text{ т,}$$

$$297,68 \cdot 1,05 = 312,56 \text{ т.}$$

Рассчитаем прирост биомассы каждого растения:

$$312,56 / 7\,800 = 0,04 \text{ т,}$$

$$(0,04 / 90) \cdot 1\,000 = 0,44 \text{ г.}$$

#### **Задача 4.2.2.2. Прибыльный бизнес (18 баллов)**

На территории выведенного из эксплуатации автомобильного завода в бывшей производственной зоне организован полигон для выращивания пряных трав — укропа, салата айсберг и базилика. На площадке установлена ярусная гидропонная система с ячейками на одно растение, расположенными квадратами  $10 \times 10$  ячеек. Всего ферма включает в себя 12 таких квадратов, связанных между собой по 4 штуки общим баком с питательным раствором.

С целью экономии средств на организацию системы водоснабжения в качестве основы для приготовления питательного раствора тестируется вода из технического водопровода (проба 1), стоки рыбохозяйственного центра, в котором выращиваются раки (проба 2) и сток с рыбного рынка, где продают живых карпов и форель,

содержащихся в больших, слабо аэрируемых аквариумах (проба 3).

Эталонный состав питательного раствора, предложенный специалистами из лаборатории Х, представляет собой смесь элементов.

Таблица 4.2.13. Эталонный состав питательного раствора по версии лаборатории Х

Наименование макроэлементов	Содержание макроэлементов, мг/л	Стоимость, руб./г
Нитрат аммония	15,0	10
Общее железо	2,5	70
Калийная селитра	85,0	10
Калия фосфорнокислый одноосновный	12,0	12

Перед перезапуском производства и принятием решения по поставщику воды в лаборатории Х были проведены исследования, а именно, химический анализ состава вод. Результаты анализа представлены в таблице 4.2.14.

Таблица 4.2.14. Результаты химического анализа состава проб воды из разных источников

Показатель	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Норма* по версии лаборатории Х
pH	5,5	6,5	12	От 5,5 до 8,5
TDS	320	100	50	75–250 г/л
Мутность	4	1,5	12	1,5 г/л каолина
Нитрат аммония, г/дм <sup>3</sup>	0	400	82	2,0 г/л
Железо общ., г/дм <sup>3</sup>	0,8	0,3	0,4	0,3 г/дм <sup>3</sup>

1. Проанализируйте данные, полученные в результате исследования, составив таблицу с содержанием опасных веществ. Предположите, откуда они появились в воде?
2. Какое влияние оказывает каждое из этих веществ на рост и развитие растения? Выберите наиболее безопасный для применения вариант воды. Обоснуйте свое решение.
3. Проанализируйте данные, полученные в результате исследования, составив таблицу с расчетом потенциально полезных для растений веществ. Предположите, откуда они появились в воде?
4. Какое влияние оказывает каждое из этих веществ на рост и развитие растения? Выберите наиболее актуальный для применения вариант воды. Обоснуйте свое решение.

5. Какие вещества необходимо добавить и в каком количестве (по массе) в каждый из образцов воды, чтобы довести питательный раствор для эталонного состава?

Вычислите стоимость 10 л раствора.

6. Технологами было принято решение выращивать все виды растений одновременно. Вычислите прирост биомассы на ферме за 35 суток и стоимость данного объема продукции, если известно, что для базилика подходит питательный раствор 1 или раствор 3, а для салата только питательный раствор 2, смешанный на стоках от производства раков. Укроп может расти и в питательном растворе состава 1 и в питательном растворе 2, однако размер и масса его растений в составе 2 будет меньше среднего значения на 5%.

В какой пропорции выгоднее всего выращивать растения на ферме, если известно, что розничная цена за 100 г срезанного укропа составляет 90 руб., салата — 150 руб., базилика — 100 руб., а количество занятых ячеек каждого из растений должно быть не менее 10. При этом салат должен занимать не менее 25% всех ячеек, а количество ячеек с базиликом составлять 30% от всех ячеек, в которых растет укроп. Средняя продуктивность фермы при использовании эталонного раствора составляет 12 г за весь период роста с одной ячейки. При расчетах округлять значения до целых растений согласно математическим правилам округления.

### Решение

1. Проанализируйте данные, полученные в результате исследования. В каких пробах наблюдается превышение показателей?

Во всех.

Предположите, в результате чего повысился данный показатель и о каких загрязнителях это может свидетельствовать? Откуда они появились в воде?

Присутствует анализ всех превышенных показателей.

Есть предположения, откуда они взялись.

Например, железо — старые емкости и трубы. Муть и аммоний — потенциально опасны, появились в процессе жизнедеятельности рыб и водных животных и при отсутствии смены воды и аэрации.

2. Какое влияние оказывает каждый из этих показателей на рост и развитие растения?

Таблица 4.2.15

Показатель	Влияние
pH	Уровни pH влияют на доступность питательных веществ и рост растений. pH также может влиять на поглощение питательных веществ корнями растений. Не все питательные вещества подвергаются одинаковому воздействию, но большинство из них доступны в диапазоне pH от 5,2 до 6,2.

Таблица 4.2.15

Показатель	Влияние
TDS	<p>Изначально все уровни TDS способствуют начальному росту семян, но позднее, высокий уровень TDS способствует появлению более высоких растений. Существует оптимальный уровень TDS для развития шпината, составляющий 1 200 ppm. Он обеспечивает баланс доступности питательных веществ. Идеальное TDS воды 5–100 ppm.</p> <p>170 ppm — допустимое значение воды, стандартный уровень солесодержания после качественной угольной очистки.</p> <p>300 ppm — вода с содержанием солей жесткости, очень ограниченная в применении.</p> <p>400 ppm — в такой воде содержится не только огромное содержание солей, но и механические примеси.</p>
Мутность	Зависит от состава твердых частиц, находящихся в растворе.
Нитрат аммония, мг/дм <sup>3</sup>	<p>Используется в качестве удобрения. Аммиачная селитра или нитрат аммония — это эффективное азотное удобрение, используется для увеличения плодородия грунта, повышения урожайности и вкусовых качеств плодов и ягод. Вещество используется не только в садах и огородах, но в цветоводстве.</p> <p>Применение избыточных доз нитрата аммония приводит к тому, что содержание азота в почве из зоны оптимума смещается в зону пессимума и рост и развитие растений подавляются.</p>
Железо общ., мг/дм <sup>3</sup>	<p>Недостаток железа ведет к распаду ростовых фитогормонов (ауксинов), синтезируемых растениями, и поэтому рост растения замедляется. При нарастании дефицита железа на больших листьях появляется хлороз между жилками, начиная от основания листа. В дальнейшем некроз прогрессирует, и листья отмирают и опадают.</p>

Выберите наиболее безопасный для применения вариант воды. Обоснуйте свое решение.

*Пример аргументации выбора пробы.*

Проба 2. В ней наблюдается наименьшее количество параметров, превышающих норму. Превышение нитрата и подобных соединений можно использовать как элемент удобрения.

3. Выберите наиболее актуальный для применения в качестве питательного раствора вариант воды. Обоснуйте свое решение.

*Пример аргументации выбора пробы.*

Проба 2. В ней наблюдается наименьшее количество параметров, превышающих норму. Избыток нитрата и подобных соединений можно использовать как элемент удобрения. При этом оно не содержит потенциально опасных примесей.

4. Какие вещества необходимо добавить и в каком количестве (по массе) в каждый из образцов воды, чтобы довести питательный раствор для эталонного состава? Вычислите стоимость 10 л раствора.

Таблица 4.2.16

Наименование макроэлементов	Стоимость руб./г	Содержание макроэлементов, мг/л	Раствор 1, г/л / стоимость	Раствор 2, г/л / стоимость	Раствор 3, г/л / стоимость
Нитрат аммония	10	15,0	0 150	4 110	8 70
Общее железо	70	2,5	0,8 / $2,5 - 0,8 = 1,7$ $1,7 \cdot 70 = 119$	0,3 / $2,5 - 0,3 = 2,2$ $2,2 \cdot 70 = 154$	0,4 / $2,5 - 0,4 = 2,1$ $2,1 \cdot 70 = 147$
Калийная селитра	10	85,0	850	850	850
Калия фосфорнокислый одноосновный	12	12,0	144	144	144
<b>Стоимость</b>			1 263	1 258	1 211

Стоимость 10 л самого дешевого раствора: 12 110 руб.

5. Известно, что на показатель мутности могут влиять в том числе микроорганизмы, находящиеся в толще воды, и твердые включения. Предположите, откуда они появились в каждой из проб.

*Пример ответа*

Вода из технического водопровода (проба 1) — твердые частицы, попавшие в водопровод через старые уплотнения, коррозия (ржавчина) части поверхности самого трубопровода, мусор и прочее.

Стоки рыбохозяйственного центра, в котором выращиваются раки (проба 2) — сток с фильтров, остатки кормов и отходы жизнедеятельности ракообразных.

Сток с рыбного рынка, где продают живых карпов и форель, содержащихся в больших, слабо аэрируемых аквариумах (проба 3) — микроорганизмы, развивающиеся в сточной воде, сток с фильтров, остатки кормов и отходы жизнедеятельности рыб.

6. Технологи́ями было принято решение выращивать все виды растений одновременно. Вычислите прирост биомассы на ферме за 35 суток и стоимость данного объема продукции, если известно, что для базилика подходит питательный раствор 1 или раствор 3, а для салата только питательный раствор 2, смешанный на стоках от производства раков. Укроп может расти и в питательном растворе состава 1 и в питательном растворе 2, однако размер и масса его растений в составе 2 будет меньше среднего значения на 5%.

В какой пропорции наиболее выгодно выращивать растения на ферме, если известно, что розничная цена за 100 г срезанного укропа составляет 90 руб., салата — 150 руб., базилика — 100 руб., а количество занятых ячеек каждого из растений должно быть не менее 10. При этом салат должен занимать не менее 25% всех ячеек, а количество ячеек с базиликом составлять 30% от всех ячеек, в которых растет укроп. Средняя продуктивность фермы при использовании эталонного раствора составляет 12 г за весь период роста с одной ячейки. При расчетах округлять значения до целых растений согласно математическим правилам округления.

На площадке установлена ярусная гидропонная система с ячейками на одно растение, расположенными квадратами  $10 \times 10$  ячеек. Всего ферма включает в себя 12 таких квадратов, связанных между собой по 4 штуки общим баком с питательным раствором.

Вычислим общее количество ячеек.  $10 \cdot 10 = 100$  в одном квадрате.

12 квадратов по 100 ячеек.

Связаны по 4 штуки (по 400) — то есть всего есть 3 бака с питательными растворами.

Салата должно быть посеяно — не менее 25%.

Базилик — 30% от количества укропа.

То есть минимум 1 бак должны быть с раствором 2.

Так как ячейки связаны по 4 штуки, а выращивать необходимо все растения, то:

бак 1 — раствор 2 — 400,

бак 2 — раствор 1 — 400,

бак 3 — раствор 1 — 400 ячеек.

Всего: 1 200

$0,25 \cdot 1\,200 = 300$  — салат,

$1200 - 300 = 900$  — укроп и базилик,

$X + 0,3X = 900$ ,

$X = 900/1,3 = 692$  — количество укропа,

$0,3 \cdot 692 = 208$  — количество базилика.

Бак 1 — раствор 2 — 300 салат и 100 укроп (минус 5%),

бак 2 — раствор 1 — 400 укроп,

бак 3 — раствор 1 — базилик 208 + 192 укроп.

Вычислим прирост биомассы пряных трав за 35 суток и его стоимость.

Бак 1:  $(300 \cdot 12 \cdot 1,5 + 100 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 0,9) \cdot 35 = 224\,910$  руб.

Бак 2:  $400 \cdot 12 \cdot 0,9 \cdot 35 = 151\,200$  руб.

Бак 3:  $(208 \cdot 12 \cdot 1 + 192 \cdot 12 \cdot 0,9) \cdot 35 = 160\,041$  руб.

Сумма: 536 151 руб.

### ***Задача 4.2.2.3. Методы анализа проб (15 баллов)***

Биологические жидкости человека и животных, а также их свойства и характеристики являются одними из удобных показателей состояния здоровья и широко используются в медицине и ветеринарии.

Для анализа каждого из отбираемых компонентов необходимо выполнить целый ряд правил, правильно осуществив отбор пробы, сохранив ее в условиях контакта с элементами внешней среды, выделить ключевые компоненты для анализа и провести микроскопирование, либо биохимическое исследования для определения количественного и качественного состава пробы.

При этом исследования, касающиеся микробиологического анализа, часто проводят по аналогичному алгоритму.

- А. Забор пробы происходит у практически неподвижного спокойного животного. При правильном попадании биологическая жидкость интенсивно поступает в пробоприемник (чаще всего пробирку), в которой содержится стабилизирующее вещество, позволяющее сохранить все элементы и компоненты пробы. Несмотря на это, проводить все анализы и исследования рекомендуется как можно быстрее, избегая деградации компонентов.

Для проведения микроскопирования используют капилляр, с помощью которого переносят малое количество пробы на предметное стекло, с края. Затем с помощью покровного стекла каплю равномерно распределяют по поверхности до образования характерного «языка» в конце пробы. Далее полученный микропрепарат подсушивают и окрашивают с помощью метиленового синего или по Райту. При направленном исследовании рекомендуется пользоваться определенным алгоритмом, который позволяет последовательно определять компоненты в стандартном порядке от простого к сложному.

- Б. Забор пробы происходит у практически неподвижной поверхности жидкости возле берега. При правильном заборе она интенсивно поступает в пробоприемник (чаще всего стеклянную склянку), в которой содержится консервирующее вещество, позволяющее сохранить все элементы и компоненты пробы. Несмотря на это, проводить все анализы и исследования рекомендуется как можно быстрее, избегая деградации компонентов и плотно закупоривая емкость с отобранной пробой. Для проведения микроскопирования используют пипетку, с помощью которой переносят малое количество пробы на предметное стекло, по центру. Затем с помощью покровного стекла каплю равномерно распределяют по поверхности до образования равномерного тонкого слоя пробы. При необходимости перед микроскопированием в пробу добавляют каплю хлороформа и проводят исследование в капле воды без использования покровного стекла. По мере надобности можно рассматривать возможность окрашивания отдельных компонентов пробы.

1. Определите, о какой пробе идет речь в каждом из описанных случаев. Какую функцию она выполняет и для чего проводится исследование?
2. Как повлияет на качество анализа толщина слоя полученной пробы, приготовленной при исследовании по описанному алгоритму. Какая из них будет считаться наиболее информативной? Почему?
3. Какое вещество может быть использовано в пробе А в качестве стабилизирующего вещества? Укажите название и краткое описание его свойств.
4. Для чего в пробу Б добавляется формалин? Какова его основная функция? Дайте описание этого вещества.
5. Для чего в пробу Б добавляют хлороформ? Опишите свойства этого вещества. Можно ли использовать его для пробы А и почему?

### **Решение**

1. Определите, о какой пробе идет речь в каждом из описанных случаев. Какую функцию она выполняет и для чего проводится исследование?

*Пример ответа*

Общий анализ крови позволяет оценить количественные и качественные характеристики форменных элементов крови — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, а также исследовать цветовой показатель эритроцитов. Это исследование качественного и количественного состава крови, которое позволяет дать комплексную оценку состояния здоровья, а также своевременно выявить имеющиеся патологии, в том числе, скрытые.

2. Как повлияет на качество анализа толщина слоя полученной пробы, приготовленной при исследовании по описанному алгоритму? Которая из них будет считаться наиболее информативной? Почему?

*Пример ответа*

Толстый слой в первом случае не позволит лучу света при микроскопировании пройти через образец и просветить его структуры.

В результате скопления и уплотнения (плохо просвеченные зоны) можно интерпретировать как наличие в крови бактерий или паразитов, а при гистологическом исследовании — как деформации и изменения тканей. Таким образом, слой образца должен быть достаточно тонким и равномерным.

Слишком тонкий слой во втором случае может не позволить увидеть микроорганизмы в капле воды, так как они туда не попадут.

3. Какое вещество может быть использовано в пробе А в качестве стабилизирующего вещества? Укажите название и краткое описание его свойств.

*Пример ответа*

Чаще всего используется ЭДТА (этилендиаминтетраацетат), потому что этот антикоагулянт позволяет лучше сохранить исследуемые форменные элементы крови. Однако для предупреждения разного рода морфологической деградации клеток промежуток времени между взятием свежей и хорошо гомогенизированной крови и изготовлением препарата должен быть максимально коротким.

4. Для чего в пробу Б добавляется формалин? Какова его основная функция? Дайте описание этого вещества.

Формалин быстро проникает в среды, клетки и ткани, не нарушая их структуру медленно фиксирует, не допуская разложения белковых структур и прочих быстро разрушающихся элементов и веществ.

5. Для чего в пробу Б добавляют хлороформ? Опишите свойства этого вещества. Можно ли использовать его для пробы А и почему?

Хлороформ добавляется для замедления скорости движения живых микроорганизмов при наличии таковых в пробе для упрощения процесса подсчета и идентификации.

#### ***Задача 4.2.2.4. Арктические приключения (12 баллов)***

С древних времен человечество осваивало новые территории и отправлялось в далекие земли в поисках не только нового дома, но и знаний или ресурсов.

Часть увлекательных и опасных экспедиций была направлена на покорение особо холодных частей нашей планеты, а именно, Арктики.

Для подобных путешествий люди должны были заранее просчитывать не только



маршрут и возможные места для ночлега и обитания, но и тщательно подбирать свой рацион, ведь вероятность получения питательных продуктов в природной среде в этом случае минимальна.

**Пеммикан** — традиционная еда североамериканских индейцев, включающая в себя сушеное или вяленое измельченное мясо и сало.

Калорийность данного блюда в среднем составляет 600 ккал на 100 г.

Этот продукт широко известен и на протяжении многих лет используется не только жителями северных регионов, но и стал своеобразным деликатесом в современном мире, меняя свой рецепт и дополняя его новыми ингредиентами.

Так, один из рецептов выглядит следующим образом, таблица 4.2.17.

Таблица 4.2.17

Говядина	3 000 г
Финики	600 г
Брусника	1 000 г
Жир говяжий топленый	300 г
Соль поваренная пищевая	25 г

Известно, что для современных работников севера используется обеденный паек в следующем объеме:

- Галеты из пшеничной муки 50 г, 2 шт.
- Борщ сибирский с мясом витаминизированный 40 г, 1 шт.
- Говядина вареная сублимационной сушки 50 г, 1 шт.
- Пюре картофельное с жареным луком 60 г, 1 шт.
- Масло сливочное сублимационной сушки 20 г, 1 шт.
- Фруктовая палочка 50 г, 1 шт.
- Батончик «С молоком» 50 г, 1 шт.
- Батончик энергетический 50 г, 1 шт.
- Кисель «Согревающий» 20 г, 1 шт.
- Напиток «Согревающий сбор» 0,55 г, 1 шт.
- Жевательная резинка, 3 шт.
- Кофе растворимый 2 г, 1 шт.
- Сахар 20 г, 1 шт.
- Соль поваренная пищевая 5 г, 1 шт.
- Перец 1 г, 1 шт.
- БАД «Витаминно-минеральный комплекс «КомплеТабс» 0,73 г, 1 шт.
- Салфетки дезинфицирующие, 1 шт.
- Салфетки бумажные, 1 шт.
- Ложка пластмассовая, 1 шт.
- Зубочистка, 1 шт.

Пищевая ценность: белки — 74 г, жиры — 46 г, углеводы — 267 г.

Энергетическая ценность: 1 780 ккал.

Вахтовый рабочий Иван, проработав полгода в Арктике, пожаловался на приеме у врача на следующие проблемы: ощущение слишком больших порций обеда, который невозможно доест, непривычные привкусы и продукты, скука, желание постоянно перекусывать сладким во время монотонной работы по отбору проб снега, невозможность купить снеки и чипсы, чтобы посидеть вечером за книгой с ними, пресная однообразная пища, отсутствие удовольствия от еды, проблемы с глазами (резь, быстрая усталость, мутноватое зрение) во время долгой работы на открытом воздухе, сонливость, апатия.

После разговора Ивана обследовали и предложили на выбор следующие витаминные комплексы: Вита+ (ретинол, витамин В2, В1), Витамайнер (витамины С и К), Поливит (витамины А, D, Е, С), а также рекомендовали соблюдать предложенный рацион.

Мама Ивана, бывший районный врач-педиатр, узнав о разговоре сына с местным врачом, выслала ему несколько банок красной икры, пшенную кашу с тушенкой в виде консервов, сетку апельсинов и сливочное масло.

1. Какой из предложенных поливитаминных комплексов можно порекомендовать Ивану и почему? Выберите один состав и опишите влияние каждого компонента на организм человека.
2. Чем был обоснован набор продуктов от мамы Ивана и какие потребности он закрывал?
3. Какие традиционные для северных регионов России продукты животноводства и растениеводства могут наполнять рацион населения и позволять получить большее количество калорий? Предложите не менее трех вариантов.
4. По наблюдениям врачей, у работников лидируют заболевания и патологии органов зрительной системы. Какие органы сходят в данную систему? Перечислите их.
5. Какие факторы оказывают наибольшее негативное влияние на данный орган?
6. Вычислите массу пеммикана, способную заменить предлагаемый работникам сухой паек описанного состава в части общей калорийности.
7. Какие преимущества и недостатки могут быть замечены после этой замены?

### **Решение**

1. Какой из предложенных поливитаминных комплексов можно порекомендовать Ивану и почему? Выберите один состав и опишите влияние каждого компонента на организм человека.

Поливит (витамины А, D, Е, С).

Витамин А (ретинол) необходим для функционирования светочувствительных нервных клеток (фоторецепторов) в сетчатке глаза и таким образом способствует возможности видеть ночью. Обеспечивает цветовое восприятие, защищает сетчатку от возрастной дегенерации и хрусталик от помутнения. Соединение обладает выраженным антиоксидантным свойством — предотвращает или замедляет рост злокачественных новообразований.

Витамин D помогает организму усваивать кальций и фосфор, которые необходимы для роста костей. Помимо строительной функции, витамин выполняет

защитную: сокращает рост раковых клеток, помогает иммунитету бороться с инфекциями, уменьшает выраженность воспалительных процессов.

Витамин Е влияет на свертываемость крови, помогая предупреждать образование тромбов, улучшает эластичность крупных и мелких сосудов, а также замедляет образование холестериновых бляшек.

Витамин С способствует укреплению сердечно-сосудистой системы. Он улучшает состояние сосудов, снижает вредный холестерин, а значит, работает на предотвращение патологий сердца и сосудов. К тому же помогает разжижать кровь, то есть профилактирует образование тромбов.

2. Чем был обоснован набор продуктов от мамы Ивана и какие потребности он закрывал?

Большая часть продуктов содержат в себе витамины, входящие в состав рекомендованного витаминного комплекса. Отдельное внимание можно уделить психоэмоциональному состоянию сына и поддержке, а также разнообразию питания.

3. Какие традиционные для северных регионов России продукты животноводства и растениеводства могут наполнять рацион населения и позволять получить большее количество калорий? Предложите не менее трех вариантов.

Оленина, кедровые орехи, жир (медвежий, олений), нерпа кольчатая.

4. По наблюдениям врачей, у работников лидируют заболевания и патологии органов зрительной системы. Какие органы входят в данную систему? Перечислите их.

Какие факторы оказывают наибольшее негативное влияние на данный орган?

Глаз, или орган зрения, состоит из глазного яблока, зрительного нерва. Отдельно существуют вспомогательные органы (веки, слезный аппарат, мышцы глазного яблока).

Строение и функционирование глаза человека:

- роговица;
- радужка;
- зрачок;
- хрусталик;
- сетчатка;
- стекловидное тело;
- склера.

5. Факторы: ветер, холод, снег при работе на улице, слепящий снежный покров, постоянное искусственное освещение, недостаточное питание, общее состояние стресса.
6. Вычислите массу пеммикана, способную заменить предлагаемый работникам сухой паек описанного состава в части общей калорийности.

Энергетическая ценность пайка: 1 780 ккал.

Энергетическая ценность пеммикана: 600 ккал на 100 г.

$$\frac{1780}{600} = 2,97.$$

$$100 \cdot 2,97 = 297 \text{ г.}$$

7. Какие преимущества и недостатки могут быть замечены после этой замены?

Преимущества — маленькие объемы, легкое хранение — один продукт, легкая закупка и поставка — постоянно одни и те же ингредиенты, стабильность, гарантированная энергетическая ценность.

Недостатки — однообразное питание со специфичными вкусовыми характеристиками.

#### ***Задача 4.2.2.5. Отбор и селекция полезных растений (20 баллов)***

На ферме на острове X в течение нескольких десятков лет выращивают съедобное растение для пищевого использования — горох насыщенно-желтого цвета, который является визитной карточкой местного фермера и узнаваем не только на самом острове, но и на соседнем материке.

Фермерское хозяйство было принято расширить по франшизе. На соседнем острове Y организовали поля для выращивания горошка. Первый посев осуществили с применением посевного материала с фермы на острове X. Урожай был быстро раскупил потребители, после чего было принято решение расширить поля и удвоить площадь посевов, докупив посевной материал желтого цвета у поставщиков из другой страны и удешевив производство, ведь семена с фермы острова X стоили почти вдвое дороже, чем семена иностранного поставщика. Семена с острова X скрестили с новыми семенами и высадили на поле.

В полученном урожае был только желтый горошек, и фермер решил оборвать связи с островом X и перейти на собственный посевной материал, разорвав контракт и с поставщиком импортных семян. Но в следующем году на поле появились растения насыщенно-зеленого цвета, которые, как уверенно заявил фермер, подкинул вместе с семенами поставщик, обидевшись на разрыв коммерческих отношений.

После этого случая хозяин новой фермы, опасаясь повтора, сохранил урожай и вручную отсортировал желтые и зеленые горошинки, после чего самостоятельно и отдельно использовал их как посевной материал. На следующий год взошло меньше 80% от запланированного объема желтого горошка, а в урожае присутствовали как зеленые, так и желтые растения. Фермер провел повторный отбор уже самостоятельно, но результат повторился.

Фермер был крайне расстроен и принял решение завершить данный проект, подав в суд на автора франшизы и поставщика семян.

1. Запишите все генотипы и фенотипы горошка, описанного в задаче.
2. Зарисуйте решетку Пеннета для урожая каждого года при условии скрещивания только тех растений, которые могли оказаться в посевном материале и посчитайте количество возможных генотипов в каждом поколении с учетом описанных признаков.
3. Какой по генотипу урожай фермер сможет получить с поля, на котором посеяны только желтые горошинки из посевного материала от поставщика в первый год, при скрещивании посевного материала с урожаем третьего года?
4. Прокомментируйте решение фермера о замене поставщика. Обосновано ли оно с научной точки зрения?

Кто из поставщиков и производителей семян виноват в том, что бизнес на острове Y прогорел?

5. Какие шаги можно порекомендовать фермеру с острова Y для восстановления продуктивности урожая?

### Решение

1. AA — желтый, Aa — желтый, aa — зеленый.
- 2.

Таблица 4.2.18. Первый год

♂♀	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>A</b>	AA	AA
<b>A</b>	AA	AA

Таблица 4.2.19. Второй год

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>A</b>	AA	Aa

Таблица 4.2.20. Третий год

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>A</b>	AA	Aa

Таблица 4.2.21. Четвертый год и последующие

♂♀	<b>A</b>	<b>a</b>
<b>A</b>	AA	Aa
<b>a</b>	Aa	aa

3. Какой по генотипу урожай фермер сможет получить с поля, на котором посеяны только желтые горошинки из посевного материала от поставщика в первый год, при скрещивании посевного материала с урожаем третьего года?

AA x AA даст только AA

AA x Aa даст AA и Aa

4. Никто из поставщиков не виноват, однако второй иностранный поставщик, очевидно, должен был знать о возможных различиях в фенотипе при дальнейшем скрещивании. Нужно больше информации. По косвенным признакам

(падение продуктивности при самостоятельном получении семян) складывается впечатление о том, что данные семена не предназначены для получения дальнейших поколений, кроме первого.

5. Закупку семян у проверенных поставщиков, пересчет финансовой модели предприятия, отсутствие экономии на статьях, на которых экономить не стоит (попытки получения своими руками качественного посевного материала).

#### **Задача 4.2.2.6. Экологическая катастрофа (20 баллов)**

На водном объекте произошла техногенная катастрофа, в результате которой корабль, перевозивший опасное вещество, затонул у берега.

Само вещество при этом вылилось из хранилища и растеклось по поверхности равномерной пленкой.

Известно, что общая масса вылившегося вещества составляет 1,8 т, а его плотность 0,97 г/см<sup>3</sup>.

1. Вычислите общую поверхность поражения, если известно, что нефтепродукт образовал пленку толщиной 0,2 мм, занимающую 30% поверхности водоема.
2. Какие биологические процессы происходят в водоемах в толще воды? Приведите не менее трех примеров с описанием биохимии процесса.  
Как повлияет на них наличие вещества-загрязнителя в водоеме?
3. Как человек может повлиять на процесс восстановления природной среды после катастрофы?
4. Предложите технологию очистки водоема с применением механических устройств и биологических объектов.
5. В чем отличие последствий от подобных ситуаций аварийного пролива нефтепродуктов в море и на озере? Предложите вариант наиболее негативного и позитивного сценария в каждой из локаций (всего четыре сценария). Запишите комментарии в таблицу 4.2.22.

Таблица 4.2.22

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Озеро					
Море					
Река					
Океан					

6. Вычислите общую массу вещества-загрязнителя, попавшего с пищей в тело человека, если известно, что он съел на обед 200 г филе карпа с 100 г картофеля, а на ужин — 400 г котлет из щуки с 200 г салата из ламинарии.

Известно, что водные растения накопили около 4% по массе вещества-загрязнителя, а далее это количество изменяется согласно общей пропорции.

Ответ дайте в граммах.

### **Решение**

На водном объекте произошла техногенная катастрофа, в результате которой корабль, перевозивший опасное вещество, затонул у берега.

Само вещество при этом вылилось из хранилища и растеклось по поверхности равномерной пленкой.

Известно, что общая масса вылившегося вещества составляет 1,8 т, а его плотность 0,97 г/см<sup>3</sup>.

Вычислим общую площадь поверхности поражения, если известно, что нефтепродукт образовал пленку толщиной 0,2 мм, занимающую 30% поверхности водоема.

1. Вычислим объем вылившегося нефтепродукта.

$$V = 1\,800\,000 / 0,97 = 1\,855\,670,10 \text{ см}^3 = 1,86 \text{ м}^3.$$

Вычислим площадь, зная объем и толщину слоя.

$$S = V/h = 1\,855\,670,10 / 0,02 = 92\,783\,505 \text{ см}^2 = 9\,278,35 \text{ м}^2.$$

2. Какие биологические процессы происходят в водоемах в толще воды? Приведите не менее трех примеров с описанием биохимии процесса. Как повлияет на них наличие вещества-загрязнителя в водоеме?

В качестве верного ответа в перечень входящей информации могут входить следующие процессы:

- фотосинтез;
- эвтрофикация;
- минерализация и т. д.

#### *Пример части верного ответа*

Фотосинтез — процесс, при котором в клетках, содержащих хлорофилл, под действием энергии света образуются органические вещества из неорганических.

Процессы фотосинтеза идут в тканях, содержащих хлоропласты, — преимущественно в листе, на который приходится большая часть процессов фотосинтеза.

Как повлияет наличие вещества-загрязнителя в водоеме на фотосинтез: из-за появления посторонних частиц снижается прозрачность воды и солнечный свет хуже проникает через толщу воды, что негативно влияет на процесс фотосинтеза.

3. Как человек может повлиять на процесс восстановления природной среды после катастрофы?

Положительно и отрицательно.

При активном использовании без очистки от загрязнения природная среда не сможет восстанавливаться и самостоятельно перерабатывать вещество-загрязнитель.

При быстром реагировании и сборе загрязнителя устранить последствия можно устранить очень быстро.

4. Предложите технологию очистки водоема с применением механических устройств и биологических объектов.

Есть несколько самых распространенных способов очистки воды от нефте-содержащих загрязнений: отстаивание, коагуляция и флокуляция, флотация, сорбция. Последние три способа относятся к физико-химическим.

Сбор нефти осуществляется насосами, которые снабжаются специальными насадками, позволяющими собирать нефть с поверхности воды, и гибкими плавучими рукавами для ее отвода. Проблема сбора нефти при помощи насосов в том, что она образует очень тонкую пленку, захватить которую без большого количества воды сложно.

Для дальнейшей обработки можно использовать микроорганизмы, способные проводить биodeградацию нефтяных загрязнений.

5. В чем отличие последствий от подобных ситуаций аварийного пролива нефтепродуктов в море и на озере? Предложите вариант наиболее негативного и позитивного сценария в каждой из локаций. Запишите комментарии в таблицу 4.2.22.

Таблица 4.2.23

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Озеро	Замкнутый природный водоем суши с замедленным водным обменом	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов



Таблица 4.2.23

	Определение термина	Факторы, положительно влияющие на устранение негативных последствий	Факторы, отрицательно влияющие на устранение негативных последствий	Позитивный сценарий развития событий	Негативный сценарий развития событий
Море	Часть океана, отделенная от него сушей, подводными возвышениями или островами	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов
Река	Большой природный поток воды, который постоянно течет по разработанному им углублению — руслу	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов
Океан	Весь водный покров земли или его часть между материками; основная часть гидросферы, непрерывная, но не сплошная водная оболочка Земли, окружающая материки и острова и отличающаяся общностью солевого состава	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме	Указаны особенности водоема, режимы течения, аэрации, основные биологические объекты, растущие или проживающие в данном водоеме; нет течения, затруднена аэрация и т. д.	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов	Представлено логичное развитие событий с упором на факторы из предыдущих столбцов

6. Вычислите общую массу вещества-загрязнителя, попавшего с пищей в тело

человека, если известно, что он съел на обед 200 г филе карпа с 100 г картофеля, а на ужин — 200 г котлет из щуки с 200 г салата из ламинарии.

Известно, что водные растения накопили около 4% по массе вещества-загрязнителя, а далее это количество изменяется согласно общей пропорции.

Ответ дайте в граммах.

*Обед*

200 г карпа по трофическим цепям питалось 2 000 г ламинарии,

$2\,000 \cdot 0,04 = 80$  г нефтепродукта в ламинарии.

Соответственно в порции карпа накоплено 8 г нефтепродукта.

*Ужин*

200 г щуки — 2 000 г карпа и 80 г нефтепродукта.

В щуке накоплено 8 г нефтепродукта.

В ламинарии 200 г и 4% — 8 г нефтепродукта.

Итого:  $8 + 8 + 8 = 24$  г нефтепродукта.

### 4.2.3. Химия. 8–9 классы

#### Задача 4.2.3.1. Анализ удобрений (25 баллов)

В лабораторных условиях ученые пропустили смесь азота и водорода над платиной через воду, после чего прилили раствор некой кислоты.

Полученное в результате технологической операции вещество — практически готовое к применению быстрорастворимое удобрение, которое при попадании в почву распадается на ионы и закрывает значительную часть потребностей растений в питательных веществах.

Известно, что при взаимодействии с оксидом серебра описанная кислота дает характерную желтую окраску, а по химическим свойствам характеризуется как трехосновная кислота средней силы.

Запишите уравнение описанной реакции кислоты с оксидом серебра.

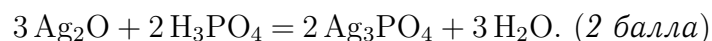
Какие соединения были получены при получении удобрения из смеси азота и водорода? Запишите уравнения всех описанных реакций.

Какие соединения были получены в результате всех описанных взаимодействий? Запишите их химические формулы и предложите варианты использования в химической промышленности.

Вычислите соотношения газов в смеси азота (в избытке) и водорода, если известно, что объем смеси составил 20 л (при н.у.), а объем фосфорной кислоты составил 10 мл при концентрации в 40% и плотности 1,42 г/см<sup>3</sup>. При реакции образовалась кислая соль, содержащая гидрофосфат-ион.

#### Решение

Запишите уравнение описанной реакции кислоты с оксидом серебра.



Какие соединения были получены в результате превращений? Запишите их химические формулы и предложите варианты использования в сельском хозяйстве.

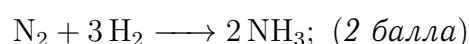
Таблица 4.2.24

Соединение	Описание	Баллы
NH <sub>3</sub>	Используется в качестве сырья для производства безводного аммиака (NH <sub>3</sub> ).	1 балл за формулу соединения; 1 балл за использование в химической промышленности

Таблица 4.2.24

Соединение	Описание	Баллы
$\text{NH}_4\text{OH}$	Водный аммиак применяется в качестве сырья для производства азотной кислоты (контактным методом), соды (по аммиачному методу) и удобрений.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за использование в химической промышленности
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	Можно использовать как антипирен. Диаммоний-фосфат снижает температуру горения материала, уменьшает максимальную скорость потери веса и вызывает увеличение образования остатков или лукокса. Он также используется в качестве питательного вещества для дрожжей в виноделии и медоварении; в качестве добавки к сигаретам некоторых марок, предположительно в качестве усилителя никотина; для предотвращения послесвечения в спичках; при очистке сахара; как флюс для пайки олова, меди, цинка и латуни; для контроля осаждения растворимых в щелочах и нерастворимых в кислоте коллоидных красителей на шерсти.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за использование в химической промышленности
$\text{H}_2\text{O}$	Применяется во всей химической промышленности для приготовления растворов, мойки и прочих технологических операций.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за применение в химической промышленности

Какие соединения были получены на каждом этапе цепочки превращений? Запишите уравнения всех описанных реакций.



Вычислите соотношения газов в смеси азота (в избытке) и водорода, если известно, что объем смеси составил 20 л (при н. у.), а объем фосфорной кислоты составил 10 мл при концентрации в 40% и плотности 1,42 г/см<sup>3</sup>. При реакции образовалась кислая соль, содержащая гидрофосфат-ион.

$$m(\text{p-ра}) = 10 \text{ мл} \cdot 1,42 = 14,2 \text{ г}; \text{ (1 балл)}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,40 \cdot 14,2 = 5,68 \text{ г}. \text{ (1 балл)}$$

1. Найдем сколько грамм  $\text{NH}_4\text{OH}$  прореагировало:

$$2. \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{5,68}{98} = 0,06 \text{ моль}; \text{ (1 балл)}$$

$$\nu(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,06 \cdot 2 = 0,12 \text{ моль}; \text{ (1 балл)}$$

$$m(\text{NH}_4\text{OH}) = 0,12 \cdot 35 = 4,2 \text{ г}. \text{ (1 балл)}$$

3. Найдем сколько литров водорода было в смеси:

$$\nu(\text{H}_2) = 1,5 \cdot \nu(\text{NH}_4\text{OH}) = 0,12 \cdot 1,5 = 0,18 \text{ моль}; (1 \text{ балл})$$

$$V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot 0,18 = 4,03 \text{ л.} (1 \text{ балл})$$

4. Найдем процентный состав исходной смеси:

$$\omega\%(\text{H}_2) = \left( \frac{4,03}{20} \right) \cdot 100\% = 20,15\%; (1 \text{ балл})$$

$$\omega\%(\text{N}_2) = 100\% - 20,15\% = 79,85\%. (1 \text{ балл})$$

### **Задача 4.2.3.2. Космическое фермерство (25 баллов)**

На космической ферме рассматривают различные способы получения соединений, необходимых для роста и развития растений.

Известно, что на планете X есть в значительном количестве вещество Y. Ученые взяли пробу данного вещества объемом 0,5 л из озера в ущелье и выяснили, что плотность данного раствора составляет 1,05 г/мл.

При дальнейших исследованиях стало известно, что концентрация вещества Y в основном веществе-растворителе составляет 4,6%.

Затем через раствор в течение продолжительного времени пропускали электрический ток, в результате чего массовая доля вещества Y в растворе стала равна 10%.

Известно, что данный раствор имеет pH более 10, при взаимодействии с фенолфталеином окрашивается в малиновый.

При этом само вещество Y имеет молекулярную массу 40 г/моль и включает в свой состав металл с электронной формулой  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ .

1. Определите, что за вещество Y находится на планете X. Запишите его формулу и дайте его описание. Какие тривиальные названия оно имеет и каким образом получается в промышленности?
2. Опишите ключевые свойства и особенности взаимодействия веществ с веществом Y.
3. Опишите особенности взаимодействия раствора вещества Y с метилоранжем.
4. Вещество Y вступает во взаимодействие с углекислым газом из воздуха, затем происходит реакция взаимодействия с соляной кислотой. Можно ли получить из каждого из продуктов завершающей реакции вещество Y? Запишите соответствующие уравнения всех перечисленных реакций.
5. Как называется процесс, в результате которого произошло описанное в задании взаимодействие под действием тока? Запишите схему данного процесса.
6. Какие газы выделились на электродах и каковы их объемы?
7. Опишите особенности процессов окисления и горения металла, входящего в состав вещества Y. Нужны ли для этих процессов дополнительные условия и какие? Какие еще реагенты нужны для того, чтобы реакции прошли успешно?

### **Решение**

1. Определите, что за вещество Y находится на планете X. Запишите его формулу и дайте его описание.

NaOH. (1 балл)

Это гидроксид натрия или каустическая сода или едкий натр. Относится к неорганическим соединениям. Это одно из самых сильных оснований среди химических соединений. (1 балл)

В промышленных масштабах гидроксид натрия получают путем электролиза рассола с использованием мембранной технологии. (1 балл)

2. Опишите ключевые свойства и особенности взаимодействия веществ с веществом Y.

Гидроксид натрия в твердом виде представляет собой белое кристаллическое вещество. С другой стороны, 50%-й раствор гидроксида натрия представляет собой прозрачную, бесцветную жидкость без запаха, которую называют натриевой щелочью. В этой форме он оказывает коррозионное воздействие на металлы. Он также характеризуется более высокой вязкостью, чем вода. Гидроксид натрия в жидком виде реагирует с кислотами, оксидами и гидроксидами неметаллов с образованием солей натрия. (2 балла)

Его характерной особенностью является гигроскопичность. Гидроксид натрия очень хорошо растворим в воде, при растворении он выделяет тепло и образует натриевую щелочь, которая обладает высокой коррозионной активностью. Он также легко соединяется с углекислым газом. (1 балл)

3. Опишите особенности взаимодействия раствора вещества Y с метилоранжем. Какой цвет приобретет раствор?

Раствор приобретет желтый оттенок, так как проявляет основные свойства. (1 балл)

4. Вещество Y вступает во взаимодействие с углекислым газом из воздуха, затем происходит реакция взаимодействия с соляной кислотой. Можно ли получить из каждого из продуктов завершающей реакции вещество Y? Запишите соответствующие уравнения всех перечисленных реакций.

Реакция 1:  $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . (1 балл)

Реакция 2:  $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ . (1 балл)

Продукт 1:

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$  (пропускаем эл ток)  $\longrightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ . (1 балл)

Продукт 2:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ . (1 балл)

Продукт 3:  $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$ ; (1 балл)

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$ . (1 балл)

5. Как называется процесс, в результате которого произошло описанное в задании взаимодействие и выделение газообразных веществ под действием тока? Запишите схему данного процесса.

Электролиз. (1 балл)

$\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ;

$\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ .

На катоде:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ .

На аноде:  $2\text{OH}^- - 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ . (2 балла)

## 6. Какие газы выделились на электродах и каковы их объемы?

Если известно, что концентрация вещества в растворе 4,6%, то вычислим полную массу раствора:

$$m_{4,6\% \text{ р-ра}} = 500 \cdot 1,05 = 525 \text{ г. (1 балл)}$$

Найдем массу растворенного NaOH в 525 г раствора:

$$m_{\text{р.в.}} = 525 \cdot 0,046 = 24,15 \text{ г. (1 балл)}$$

Найти массу 10% раствора NaOH после электролиза:

$$m_{10\% \text{ р-ра}} = \frac{24,15}{0,1} = 241,5 \text{ г. (1 балл)}$$

Найдем сколько литров  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  выделилось:

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{15,75}{2} = 7,875 \text{ моль; (1 балл)}$$

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{283,5}{18} = 15,75 \text{ моль; (1 балл)}$$

$$V(\text{O}_2) = 7,875 \cdot 22,4 = 176,4 \text{ л; (1 балл)}$$

$$V(\text{H}_2) = 15,75 \cdot 22,4 = 352,8 \text{ л. (1 балл)}$$

## 7. Опишите особенности процессов окисления и горения металла, входящего в состав вещества Y. Нужны ли для этих процессов дополнительные условия и какие, если да? Какие еще реагенты нужны для того, чтобы реакции прошли успешно?

Окисление: металлический натрий реагирует с кислородом воздуха, образуя оксид натрия и следы желтоватого пероксида натрия; образовавшийся оксид натрия затем реагирует с водяным паром в воздухе, образуя пленку гидроксида натрия. (1 балл)

Горение:  $2\text{Na} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$  (при нагревании до  $400^\circ\text{C}$ ). (1 балл)

### Задача 4.2.3.3. Датчики и электроды (30 баллов)

Для контроля качественных и количественных параметров раствора в зоне приготовления питательных сред лаборанты используют системы контрольно-измерительных приборов.

Полученные данные передают в единую электронную базу, где операторы собирают и обрабатывают их с применением определенных алгоритмов накопления и анализа данных.

С целью удешевления используемого оборудования тестируются различные материалы датчиков.

Так, одинаковые цинковые электроды длиной 100 мм и массой 65 г были помещены в три одинаковых емкости, в каждой из которых находилось по 100 г прозрачной жидкости.

В первой емкости находился 20%-й раствор соляной кислоты, во второй — горячая водопроводная вода, а в третьей — 2%-й раствор гидроксида натрия.

Спустя несколько часов электроды вынули из растворов, промыли дистиллированной водой, просушили и обследовали на предмет коррозии и изменения целостно-

сти поверхностей. Визуальный осмотр показал, что заметных следов на поверхности электродов не осталось, однако один из них потерял 10% от исходной массы.

1. Запишите химические формулы веществ, находящихся в водных растворах в каждой из емкостей. Дайте краткую характеристику каждому из описанных веществ.
2. Какое из перечисленных веществ вступило в реакцию с электродом? Запишите уравнение реакции.
3. Вычислите массовую долю непрореагировавшего вещества, находившегося в емкости и оставшегося в растворе. Ответ дайте с точностью до целого числа.
4. Повлияет ли подобное взаимодействие веществ с материалами датчиков на качествоготавливаемых растворов на производстве? Каким образом можно установить факт существования данного влияния с помощью химии или исходя из условий задачи? Приведите не менее трех способов.
5. Каким образом нужно изменить условия, чтобы в других емкостях произошла химическая реакция с материалом электрода? Запишите не менее одной возможной химической реакции при измененных условиях для каждого раствора.
6. Дайте рекомендации по не менее, чем двум металлам, из которых, на ваш взгляд, наиболее безопасно изготавливать датчики. Опишите их свойства.
7. К какому классу веществ относится латунь? Можно ли использовать ее в щелочных растворах? А в кислых? Почему? Запишите химическую формулу латуни и опишите ее разновидности.

### **Решение**

1. Запишите химические формулы веществ, находившихся в растворах в каждой из емкостей. Дайте краткую характеристику каждому из описанных веществ.

Примеры решения

**HCl.** (1 балл)

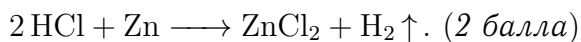
Соляная кислота (также хлороводородная кислота, химическая формула — HCl) — химическое соединение водорода и хлора, растворенное в воде; сильная неорганическая кислота. Благодаря своим химическим свойствам она широко используется в промышленности, аналитической химии и других сферах человеческой деятельности. (2 балла)

**NaOH.** (1 балл)

Гидроксид натрия — белое твердое вещество. Сильно гигроскопичен, на воздухе «расплывается», активно поглощая пары воды и углекислый газ из воздуха. Хорошо растворяется в воде, при этом выделяется большое количество теплоты. Раствор едкого натра мылок на ощупь. Гидроксид натрия широко используется в химической промышленности. Он используется в производстве многих чистящих средств, мыла и моющих средств. Кроме того, применяется для дренажа труб и очистки воды. В пищевой промышленности он является регулятором кислотности. (2 балла)

2. Какое из перечисленных веществ вступило в реакцию с электродом? Запишите уравнение реакции.



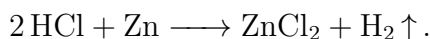


3. Вычислите массовую долю непрореагировавшего вещества, находившегося в емкости и оставшегося в растворе. Ответ дайте с точностью до целого числа.

- Найдем массу HCl содержащейся в 100 г 20% раствора:

$$m(\text{HCl}) = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

- Цинковая пластинка реагирует с соляной кислотой по уравнению:



- Найдем сколько HCl вступило в реакцию, зная, что 6,5 г Zn прореагировало:

$$\nu(\text{Zn}) = 6,5 : 65 = 0,1 \text{ моль; } (1 \text{ балл})$$

$$\nu(\text{HCl}) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль; } (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5 = 7,3 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

- Найдем, сколько HCl осталось в растворе:

$$m_{\text{ост}}(\text{HCl}) = 20 - 7,3 = 12,7 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

- Найдем общую массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 \text{ г}(\text{HCl}) + 6,5 \text{ г}(\text{Zn}) - m(\text{H}_2),$$

$$m(\text{H}_2) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ г, } (1 \text{ балл})$$

тогда

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 6,5 - 0,2 = 106,3 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

- Найдем  $\omega\%$  оставшейся HCl:

$$\omega\%(\text{HCl}) = (12,7 : 106,3) \cdot 100\% = 11,9\%. \quad (1 \text{ балл})$$

4. Повлияет ли подобное взаимодействие веществ с материалами датчиков на качествоготавливаемых растворов на производстве? Каким образом можно установить факт существования данного влияния с помощью химии?

Да, точность датчиков будет нестабильна, как и их целостность, а в растворах будут образовываться посторонние вещества. *(1 балл)*

Качество полученного продукта на любом производстве контролируется в соответствии с нормами и требованиями. На выходном контроле лабораторные исследования, скорее всего, покажут несоответствие ожидаемым параметрам. *(1 балл)*

Для определения наличия постороннего вещества можно использовать качественные реакции на наличие/отсутствие примеси определенного состава, а также отслеживать появление характерных признаков самопроизвольного прохождения подобной реакции (выпадение осадка, изменение цвета раствора, выделение газа и т. д.). *(1 балл)*

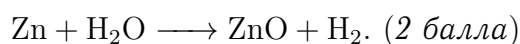
Также в задании упомянуто, что полученные данные передают в единую электронную систему, где операторы собирают и обрабатывают их с применением определенных алгоритмов накопления и анализа данных. То есть изменение параметра, выпадающее за пределы нормы будет замечено системой. (1 балл)

5. Каким образом нужно изменить условия, чтобы в других емкостях произошла химическая реакция с материалом электрода? Приведите не менее одной возможной химической реакции при измененных условиях.

Концентрированная щелочь вступит во взаимодействие с металлом:



Цинк вступит в химическую реакцию с водой в случае прокаливания водяным паром:



6. Дайте рекомендации по материалу, из которого, на ваш взгляд, наиболее безопасно изготавливать датчики для данного производства.

*Пример ответа*

Платина, как наиболее стабильный и не вступающий в реакции электрод. (1 балл)

Нержавеющая сталь или любой другой металл, покрытый никелем или полимером.

7. К какому классу веществ относится латунь? Можно ли использовать ее в щелочных растворах? А в кислых? Почему? Запишите химическую формулу латуни и опишите ее разновидности.

*Примеры верных ответов*

Латунь — сплав металлов (медь и цинк). (1 балл)

Латунь — сплав меди (основа) с цинком (4–50 % по массе). При увеличении содержания цинка (Zn) цвет сплава изменяется от красноватого до светло-желтого.

Латуни обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях. Однако латуни, содержащие более 20 % цинка, подвержены особым видам коррозии: обесцинкованию и межкристаллитному (или «сезонному») растрескиванию.

**Обесцинкование проявляется при контакте латуни с электропроводящими средами (кислыми и щелочными растворами); сопровождается ухудшением свойств и качества поверхности латунных изделий (снижаются механические свойства, появляются красноватые пятна на поверхности).** (3 балла, по одному за описание контакта с кислой средой, щелочной средой и обоснование позиции, жирным выделен минимальный ответ)

По химическому составу латуни делят на двойные, не содержащие легирующих добавок, их формула выглядит как **Cu-Zn** или **CuZn** и специальные (многокомпонентные), в которые для улучшения свойств вводят в небольших количествах (1–2 %, реже до 4 %) легирующие добавки алюминия (Al), марганца (Mn), железа (Fe), никеля (Ni), кремния (Si), свинца (Pb), мышьяка

(As) и др. (2 балла, жирным выделен минимальный ответ)

<https://bigenc.ru/c/latun-a9f185>.

#### **Задача 4.2.3.4. Медицинские металлы (20 баллов)**

На медицинском производстве в тестовый реактор-смеситель, в котором находится 250 г воды, согласно рецептуре приготовления лекарственного средства добавили несколько граммов металла.

Известно, что данный металл можно выделить из такого минерала как сподумен. Также он наблюдается в очень высоких концентрациях в космосе, в звездных образованиях особого типа, в состав которых входят нейтронные звезды и красные карлики.

Металл, непосредственно добавленный в реактор, был получен из загрязненной нефтепродуктами морской воды. Для осуществления качественной очистки от загрязнителя воду с принудительно пропускали через системы фильтрации и механической очистки.

В процессе отработки технологии очистки было замечено, что существует возможность выделить ряд сопутствующих ценных веществ и соединений.

В их числе был и данный металл, необходимый в медицине и психиатрии. Чаще всего он применяется в составе лекарственных средств, предназначенных для лечения биполярного расстройства и психозов.

Для выделения металла, добавленного в биореактор, было использовано 15 000 л морской воды, причем известно, что в 3 м<sup>3</sup> этой же воды содержится 500 мг металла.

1. О каком металле идет речь? Назовите его и опишите ключевые свойства.
2. Рассчитайте содержание металла в 1 л морской воды, из которой его выделили. Дайте ответ в миллиграммах на литр с точностью до десятых.
3. Определите массовую долю металла в получившемся в биореакторе растворе.
4. Вычислите, какой объем серной кислоты концентрацией 10% нужно добавить в полученный биореакторе раствор, чтобы довести его кислотность до нейтрального значения.

Плотность морской воды при расчетах примите равной 1 030 кг/м<sup>3</sup>, плотность серной кислоты (10%) — 1 065 кг/м<sup>3</sup>.

5. Известно, что процесс получения гидроксида данного металла можно провести в два этапа, причем на втором произойдет взаимодействие промежуточного вещества X с водой. В случае, если цепочку превращений прервать на первом этапе, может произойти взаимодействие вещества X с углекислым газом.

Можно ли получить вещество X из солей?

6. Опишите физические свойства вещества X при стандартных условиях. Можно ли снова получить из него металл?

**Решение**

## 1. Литий. (1 балл)

Литий — металл серебристо-белого цвета, очень мягкий, его можно резать ножом. Реагирует с водой, образуя растворимый гидроксид — щелочь. Входит в группу щелочных металлов I группы главной подгруппы. (1 балл)

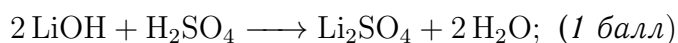
2. В 15 000 л содержится  $500 \cdot 15\,000 / 3\,000 = 500 \cdot 5 = 2\,500$  мг металла.

В 1 л содержится  $2\,500 / 15\,000 = 1,17$  мг/л. (1 балл)

3. Определите массовую долю металла в получившемся в биореакторе растворе.



Найдем массу образовавшегося LiOH:



$$\nu(\text{LiOH}) = \nu(\text{Li}) = 0,36 \text{ моль}; \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{LiOH}) = 0,36 \cdot 24 = 8,64 \text{ г}; \quad (1 \text{ балл})$$

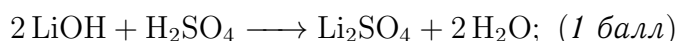
$$m_{\text{р-ра}} = 2,5 + 250 = 252,5 \text{ г}. \quad (1 \text{ балл})$$

Потери массы обусловлены образованием водорода массой 0,36 г, т.е. масса конечного раствора 252,14 г. (1 балл).

Найдем  $\omega\%$  LiOH:

$$\omega\%(\text{LiOH}) = (8,64 : 252,14) \cdot 100\% = 3,43\%. \quad (1 \text{ балл})$$

4. Вычислите, какой объем серной кислоты концентрацией 10% нужно добавить в полученный в биореакторе раствор, чтобы довести его кислотность до нейтрального значения.



$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = (0,36 : 2) \cdot 98 = 17,64 \text{ г}. \quad (1 \text{ балл})$$

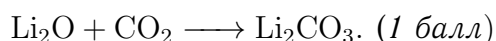
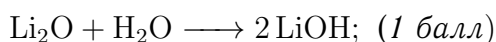
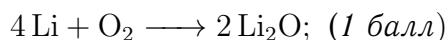
- Найдем массу 10% раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$m_{\text{р-ра}} = 17,64 : 0,1 = 176,4 \text{ г}. \quad (1 \text{ балл})$$

- Найдем  $V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ :

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 176,4 : 1,065 = 165,6 \text{ мл}. \quad (1 \text{ балл})$$

5.



Его получают также прокаливанием нитрата лития  $\text{LiNO}_3$  при  $600^\circ\text{C}$  в присутствии  $\text{Cu}$ ,  $\text{LiNO}_2$  — при  $190^\circ\text{C}$ , карбоната лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  — при  $700^\circ\text{C}$  в токе высушенного  $\text{H}_2$ . (1 балл)

6. Оксид лития — это белое, гигроскопичное, тугоплавкое вещество, при нагревании не разлагается.

Относительная молекулярная масса равна 29,88; относительная плотность для тв. и ж. состояния равна 2,013;  $t_{\text{пл}} = 1\,453^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{кип}} \approx 2\,600^{\circ}\text{C}$ . (1 балл)

Литий из оксида можно получить восстановлением магнием при  $800^{\circ}\text{C}$ :



## 4.2.4. Химия. 10–11 классы

### Задача 4.2.4.1. Фотобиореактор (35 баллов)

В фотобиореакторе находится смесь оксигенных и аноксигенных микроорганизмов, образцы которых были получены во время экспедиции на Марс.

Известно, что в процессе жизнедеятельности данные микроорганизмы выделяют газовоздушную смесь неизвестного состава, для отвода которой установлена трубка, ведущая в шарообразную емкость-отстойник диаметром 26,74 см. Кроме того, в фотобиореакторе выпадает твердый осадок, который отфильтровывается и также отправляется в емкость-отстойник для сбора побочных продуктов культивирования.

В процессе культивирования в данную емкость поступило вещество X и пары вещества Y в пропорции 1 : 2 по массе, после чего в емкости-накопителе произошла химическая реакция с образованием соединения N.

Известна схема строения атома, характерная для элементов, входящих в состав X — это  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ .

Также есть информация, что Y — это газообразное вещество, в промышленных масштабах производимое из воздуха с применением ректификационных колонн при температуре  $-183^{\circ}\text{C}$ . Его можно получить разложением перманганата калия при нагревании в лабораторных условиях.

1. Что представляет собой соединение X? Запишите его химическую формулу и опишите качественную реакцию на данное соединение.
2. Что обозначают цифры и буквы в предложенной схеме строения атома? Что доказывает, что данная схема подойдет только элементам, характерным для X?
3. Какие вещества образуются при взаимодействии X с галогенами? Имеются ли исключения из данного правила или дополнительные условия? Запишите не менее одной химической реакции.
4. Что представляет собой соединение Y? Запишите его химическую формулу и опишите качественную реакцию на данное соединение.
5. Какие еще соединения образуются в каждом из указанных способов получения Y?
6. Каким образом Y взаимодействует с щелочными металлами? Запишите не менее одной химической реакции с пояснениями.
7. Что представляет собой соединение N? Запишите химическую реакцию, произошедшую после попадания X и Y в емкость-накопитель. Укажите степени окисления каждого из вступивших в реакцию веществ.

8. Известно, что вещество N можно использовать в первом этапе химического цикла получения водорода. Для этого необходимо добавить йод и воду. В результате химической реакции продукты реакции разделяются на два жидких слоя. Что находится в каждом из слоев (верхнем и нижнем)?
9. Данная реакция названа в честь ученого, открывшего его в середине XIX века и лежит в основе классического метода определения малого количества воды по Фишеру. О каком ученом идет речь? Как в аналитической химии называется описанный метод и используется ли он в современной лабораторной практике?
10. Вычислите исходную концентрацию X и Y в емкости-накопителе, если известно, что массы веществ X и Y в начальный момент времени составили соответственно 3,2 и 6,4 г. Ответ дайте в моль на литр с точностью до тысячных.
11. Вычислите концентрацию паров X, которые остались после вступления соединения в химическую реакцию. Ответ дайте в моль на литр с точностью до тысячных.
12. Вычислите соотношение значений скорости реакции в начальный момент времени и в момент, когда уже вступила во взаимодействие 1/10 вещества X. В ответ запишите полученное значение с точностью до десятых.

### Решение

1. Что представляет собой соединение X? Запишите его химическую формулу и опишите качественную реакцию на данное соединение.

S — сера. (1 балл)

Сера горит синим пламенем с выделением серы диоксида, который определяется по характерному запаху. (1 балл)

2. Что обозначают цифры и буквы в предложенной схеме строения атома? Что доказывает, что данная схема подойдет только элементам, характерным для X?

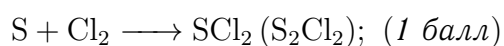
Схема электронного строения показывает количество уровней в атоме и распределение электронов по энергетическим уровням и подуровням. (1 балл)

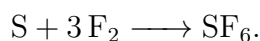
1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>4</sup>: три электронных уровня (равно периоду), на внешнем уровне sp шесть электронов (равно номеру группы для главных подгрупп). Ядро атома серы содержит 16 протонов (равно заряду ядра) и 16 нейтронов (атомная масса минус число протонов: 32 – 16 = 16). (2 балла)

16 — порядковый номер серы. Данная структура подходит только данному элементу. (1 балл)

3. Какие вещества образуются при взаимодействии X с галогенами? Имеются ли исключения из данного правила или дополнительные условия? Запишите не менее одной химической реакции.

При взаимодействии серы с **галогенами (со всеми, кроме йода)** образуются **галогениды** серы: (1 балл)





4. Что представляет собой соединение Y? Запишите его химическую формулу и опишите качественную реакцию на данное соединение.

$\text{O}_2$  — кислород. (1 балл)

Качественная реакция на кислород — яркое загорание тлеющей лучинки или любая реакция горения. (1 балл)

5. Какие еще соединения образуются в каждом из указанных способов получения Y?



$\text{K}_2\text{MnO}_4$  — манганат калия. (1 балл)

$\text{MnO}_2$  — оксид марганца (IV), диоксид марганца. (1 балл)

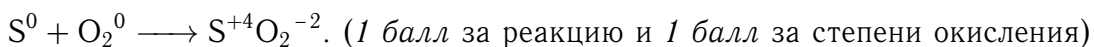
6. Каким образом Y взаимодействует с щелочными металлами? Запишите не менее одной химической реакции с пояснениями.

На воздухе блестящая поверхность щелочных металлов тускнеет вследствие окисления, а рубидий и цезий воспламеняются. Характерно, что основными продуктами сгорания щелочных металлов чаще всего являются не оксиды ( $\text{M}_2\text{O}$ ), а пероксиды ( $\text{M}_2\text{O}_2$ ). (2 балла, 1 балл за реакцию с пояснениями)

- Литий с кислородом при нормальной температуре не реагирует. При нагревании литий сгорает с образованием белой окиси и лишь небольшого количества пероксида, что отличает его от других щелочных металлов.
- При сгорании в кислороде натрия, как типичный щелочной металл, дает пероксида натрия и небольшое количество оксида.
- В продуктах горения калия, рубидия и цезия содержатся в основном надпероксиды. При нагревании калий загорается с образованием надпероксида и незначительного количества пероксида и оксида.

[https://znanierussia.ru/articles/Щелочные\\_металлы](https://znanierussia.ru/articles/Щелочные_металлы).

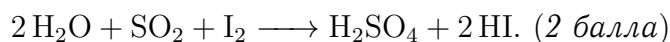
7. Что представляет собой соединение N? Запишите химическую реакцию, произошедшую после попадания X и Y в емкость-накопитель. Укажите степени окисления каждого из вступивших в реакцию веществ.



$\text{SO}_2$  — оксид серы (IV) (диоксид серы, двуокись серы, сернистый газ, сернистый ангидрид) — соединение серы с кислородом. (1 балл)

8. Известно, что вещество N можно использовать в первом этапе химического цикла получения водорода. Для этого необходимо добавить йод и воду. В результате химической реакции продукты реакции разделяются на два жидких слоя. Запишите данную химическую реакцию. Что находится в каждом из слоев (верхнем и нижнем)?

Реакция Бунзена — химическая реакция, в результате которой вода, диоксид серы и йод образуют серную кислоту и йодистый водород:



Эта реакция является первым этапом серо-йодного цикла по производству

водорода. Продукты разделяются на два жидких слоя, где серная кислота плавает наверху, а смесь йодистого водорода и непрореагировавшего йода находится внизу. Хотя два слоя обычно считаются несмешивающимися, небольшие количества серной кислоты могут все еще оставаться в слое йодистого водорода и наоборот. Это может привести к нежелательным побочным реакциям, одна из которых выделяет серу, что может стать причиной засорения реакционного сосуда. (2 балла, по 1 за каждый слой)

[https://ru.ruwiki.ru/wiki/Реакция\\_Бунзена](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Реакция_Бунзена).

9. Данная реакция названа в честь ученого, открывшего ее в середине XIX века и подобная реакция лежит в основе классического метода определения малого количества воды по Фишеру. О каком ученом идет речь? Как в аналитической химии называется описанный метод и используется ли он в современной лабораторной практике?

Реакция названа в честь Роберта Бунзена, который открыл ее в 1853 году. (1 балл)

Подобная реакция является основой для титрования по Фишеру.

Титрование по Карлу Фишеру — классический метод титрования в аналитической химии, используемый для определения малого количества воды в анализируемой пробе. Метод был разработан в 1935 году немецким химиком Карлом Фишером. (2 балла)

В настоящее время используются два варианта метода: кулонометрический и волюметрический (объемный). (1 балл)

10. Вычислите исходную концентрацию X и Y в емкости-накопителе, если известно, что массы веществ X и Y в начальный момент времени составили соответственно 3,2 и 6,4 г. Ответ дайте в моль на литр с точностью до тысячных.

26,74 см — диаметр шара.

$$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3.$$

$$V_{\text{шара}} = 10\,006 \text{ см}^3 = 10 \text{ л. (1 балл)}$$

Найдем исходные концентрации серы и кислорода:

$$C(S) = (3,2 : 32) : 10 = 0,01 \text{ моль/л. (1 балл)}$$

$$C(O) = (6,4 : 32) : 10 = 0,02 \text{ моль/л. (1 балл)}$$

11. Вычислите концентрацию X, оставшегося после вступления соединения в химическую реакцию. Ответ дайте в моль на литр с точностью до сотых.

Сера, которая вступила в реакцию:

$$m(S_{\text{вст в реакц}}) = 3,2 \cdot 0,1 = 0,32 \text{ г. (1 балл)}$$

Сера, которая осталась после реакции:

$$m(S_{\text{остались}}) = 3,2 - 0,32 = 2,88 \text{ г. (1 балл)}$$

Найдем концентрацию оставшейся серы:

$$C(S) = (2,88 : 32) : 10 = 0,009 \text{ моль/л. (1 балл)}$$

Тогда масса кислорода:

$$m(O_2 \text{ вступ. в реакц.}) = (0,36 : 32) \cdot 32 = 0,36 \text{ г.}$$



$$m(\text{O}_2 \text{ ост}) = 6,4 - 0,32 = 6,08 \text{ г. (1 балл)}$$

Концентрация кислорода, который остался:

$$C(\text{O}_2) = (6,08 : 32) : 10 = 0,019 \text{ моль/л. (1 балл)}$$

12. Вычислите соотношение значений скорости реакции в начальный момент времени и в момент, когда уже вступила во взаимодействие 1/10 вещества X. В ответ запишите полученное значение с точностью до десятой.

Вычислим начальную скорость реакции:

$$V_1 = K \cdot [S] \cdot [\text{O}_2], V_1 = K \cdot 0,01 \cdot 0,02 = 0,0002 \cdot K. (1 \text{ балл})$$

Вычислим скорость реакции, когда прореагирует 1/10 серы:

$$V_2 = K \cdot [S] \cdot [\text{O}_2], V_2 = K \cdot 0,009 \cdot 0,019 = 0,000171 \cdot K. (1 \text{ балл})$$

$$V_1 : V_2 = (0,0002 \cdot K) : (0,000171 \cdot K) = 1,17 \text{ раз (уменьшилась). (1 балл)}$$

#### **Задача 4.2.4.2. Анализ удобрений (20 баллов)**

В аналитической лаборатории в результате смешения стоков рыбохозяйственного предприятия и предприятия, производящего антибиотики, было получено вещество X, активно используемое для производства удобрений. Попадая в почву, само вещество X положительно влияет на устойчивость растений к заморозкам и засухе.

Для того чтобы получить смеси данных веществ в лабораторных условиях ученые пропустили смесь азота и водорода над платиной и через воду, после чего прилили раствор фосфорной кислоты.

Какие соединения были получены в результате всех описанных взаимодействий? Приведите их химические формулы и предложите варианты использования в сельском хозяйстве.

Какие соединения были получены на каждом этапе цепочки превращений? Запишите уравнения всех описанных реакций.

Вычислите соотношения газов в смеси азота (в избытке) и водорода, если известно, что объем смеси составил 50 л (при н. у.), а объем фосфорной кислоты составил 60 мл при концентрации в 58% и плотности 1,42 г/см<sup>3</sup>. При расчетах учтите, что в растворе образовался гидрофосфат-ион.

Какие вещества, применяемые в качестве удобрений и являющиеся промежуточными продуктами цепочки превращений, содержатся в стоках медицинских и рыбохозяйственных предприятий? Приведите не менее двух примеров и опишите откуда они там берутся.

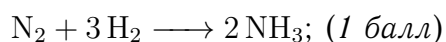
#### **Решение**

Какие соединения были получены в результате превращений? Запишите их химические формулы и предложите варианты использования в сельском хозяйстве.

Таблица 4.2.25

Соединение	Описание	Баллы
$\text{NH}_3$	Используется в качестве сырья для производства безводного аммиака ( $\text{NH}_3$ ). Это самое концентрированное из всех существующих азотное удобрение, содержащее 82,2% азота. Внешне — это бесцветная подвижная жидкость с резким запахом, которая при температуре 34 °С на воздухе бурно кипит, а при 77 °С — быстро испаряется.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за описание
$\text{NH}_4\text{OH}$	Водный аммиак представляет собой прозрачную бесцветную жидкость, иногда с легким желтоватым оттенком. Для вещества характерен резкий удушающий запах. Молярная масса $\text{NH}_4\text{OH}$ равна 35,046 г/моль. 25%-й раствор аммиака имеет плотность 0,91 г/мл. Водный аммиак применяется в качестве основного удобрения под все сельскохозяйственные культуры, а также для подкормки пропашных культур при междурядной обработке почвы.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за описание
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	Диаммофос ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ) — быстрорастворимое удобрение, при попадании в почву распадается на ионы $\text{NH}_4^+$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ и $\text{PO}_4^{3-}$ . Диаммофос подходит как стартовое удобрение как осенью, так и особенно весной из-за быстрого растворения, а также для подкормок в смеси с селитрой.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за описание
$\text{H}_2\text{O}$	Вода применяется как универсальный растворитель и необходима для полива растений.	1 балл за формулу соединения; 1 балл за описание

Какие соединения были получены на каждом этапе цепочки превращений? Запишите уравнения всех описанных реакций.



Вычислите соотношения газов в смеси азота и водорода, если известно, что объем смеси составил 50 л (при н. у.), а объем фосфорной кислоты составил 60 мл при концентрации в 58% и плотности 1,42 г/см<sup>3</sup>. При расчетах учтите, что в растворе образовался гидрофосфат-ион.

- Найдем массу  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе:

$$m(\text{р-ра}) = 60 \cdot 1,42 = 85,2 \text{ г}; \text{ (1 балл)}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,58 \cdot 85,2 = 49,4 \text{ г}. \text{ (1 балл)}$$

- Найдем, сколько грамм  $\text{NH}_4\text{OH}$  прореагировало:

$$\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 49,4 : 98 = 0,5 \text{ моль}; \text{ (1 балл)}.$$

$$\nu(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ моль}; \text{ (1 балл)}$$

$$m(\text{NH}_4\text{OH}) = 1 \cdot 35 = 35 \text{ г. (1 балл)}$$

- Найдем, сколько литров водорода было в смеси:

$$\nu(\text{H}_2) = 1,5 \cdot \nu(\text{NH}_4\text{OH}) = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ моль; (1 балл)}$$

$$V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot 1,5 = 33,6 \text{ л. (1 балл)}$$

- Найдем процентный состав исходной смеси:

$$\omega\%(\text{H}_2) = 33,6 : 50 \cdot 100\% = 67,2\%; (1 \text{ балл})$$

$$\omega\%(\text{N}_2) = 100 - 67,2 = 32,8\%. (1 \text{ балл})$$

67,2% водорода и 32,8% азота в смеси.

### **Задача 4.2.4.3. Железобактерии (27 баллов)**

Железобактерии — это прокариотические микроорганизмы, которые способны окислять  $\text{Fe}_2^+$ .

Часть из них — это аэробные облигатно ацидофильные железобактерии, способные накапливать в среде трехвалентное железо в виде гидроксида железа (II) или сульфата железа (III).

Они активно используются в добывающей промышленности для проведения процесса выщелачивания полезных металлов.

В результате генетических манипуляций ученые вывели новый вид железобактерий, которые способны выделять сульфат железа (II).

Запишите химические формулы всех перечисленных веществ — гидроксида железа (II), сульфата железа (III), сульфата железа (II).

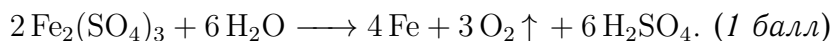
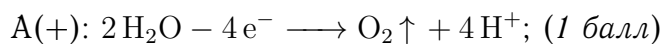
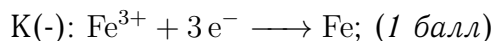
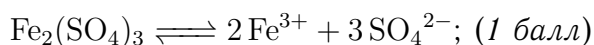
Для выделения железа провели два эксперимента — полный электролиз сульфата железа (III) и сульфата железа (II). Вычислите массу кислорода, полученного в первом и втором случае, если известно, что на катоде в обоих случаях выделилось по 56 г железа.

1. Запишите химические реакции полного электролиза сульфата железа (III).
2. Запишите химические реакции полного электролиза сульфата железа (II).
3. Какие вещества выделились на анодах в первом и втором случае?  
Запишите их химические формулы. Из каких химических элементов они состоят? Перечислите их и укажите периоды согласно таблице Менделеева. Чем определяется номер периода для элементов таблицы?
4. Вычислите массу фосфора, который сможет вступить во взаимодействие с веществом, выделившимся на аноде при эксперименте по электролизу сульфата железа (II).
5. Какое вещество получится, если продукт реакции (описанной в пункте 4) растворить в воде? Вычислите его молекулярную массу и занесите в ответ с точностью до целого числа.
6. Вычислите массовую долю полученного в пункте 4 вещества при добавлении к нему 206 г воды. Какими свойствами будет обладать данный раствор?

**Решение**

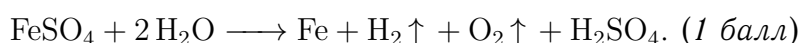
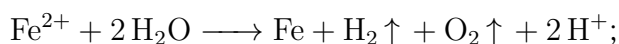
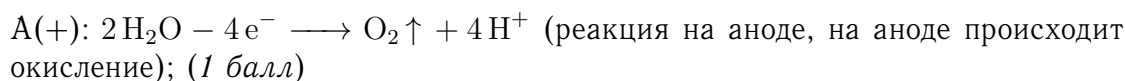
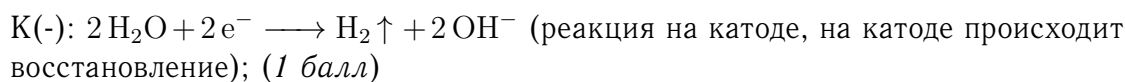
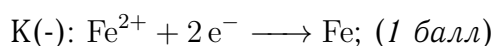
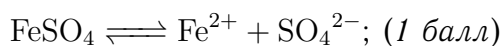
1. Запишите химические реакции полного электролиза сульфата железа (III).

Реакция:



2. Запишите химические реакции полного электролиза сульфата железа (II).

Вторая реакция:



3. Какие вещества выделились на электродах в первом и втором случае? Запишите их химические формулы.

- $\text{O}_2$ ; (1 балл)
- $\text{Fe}$ ; (1 балл)
- $\text{H}_2\text{SO}_4$ . (1 балл)

Из каких химических элементов они состоят? Перечислите их и укажите периоды согласно таблице Менделеева.

Таблица 4.2.26

Элемент	Период	Балл
Fe	4	1
O	2	1
H	1	1
S	3	1

Чем определяется номер периода для элементов таблицы? (1 балл)

Номер периода, к которому относится химический элемент, определяется числом его электронных оболочек (энергетических уровней).

4. Вычислите массу фосфора, который сможет вступить во взаимодействие с веществом, выделившимся на аноде при эксперименте по электролизу сульфата железа (II).

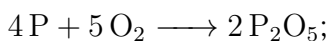
Сначала найдем массу  $O_2$ , выделившегося на аноде, зная, что на катоде выделилось 56 г Fe:

$$\nu(Fe) = 56 : 56 = 1 \text{ моль}; (1 \text{ балл})$$

$$\nu(O_2) = \nu(Fe) = 1 \text{ моль};$$

$$m(O_2) = 1 \cdot 32 = 32 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

Найдем массу фосфора, прореагировавшего с 32 г кислорода:



$$\nu(P) = (1 : 5) \cdot 4 = 0,8 \text{ моль}; (1 \text{ балл})$$

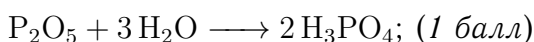
$$m(P) = 0,8 \cdot 31 = 24,8 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

5. Какое вещество получится, если продукт реакции (описанной в пункте 4) растворить в воде? Вычислите его молекулярную массу и занесите в ответ с точностью до целого числа.

$$H_3PO_4 \text{ — молекулярная масса } 98 \text{ г/моль. } (1 \text{ балл})$$

6. Вычислите массовую долю полученного в пункте 4 вещества при добавлении к нему 206 г воды. Какими свойствами будет обладать данный раствор?

Найдем массу полученной кислоты:



$$\nu(H_3PO_4) = \nu(P) = 0,8 \text{ моль}; (1 \text{ балл})$$

$$m(H_3PO_4) = 98 \cdot 0,8 = 78,4 \text{ г. } (1 \text{ балл})$$

Найдем массовую долю кислоты в полученном растворе:

$$m(p\text{-ра}) = 206 + 78,4 = 284,4 \text{ г; } (1 \text{ балл})$$

$$\omega\%(H_3PO_4) = \left( \frac{78,4}{284,4} \right) \cdot 100\% = 27,57\%. (1 \text{ балл})$$

Раствор будет являться раствором кислоты средней силы с массовой долей 27,57%.

#### **Задача 4.2.4.4. Полезные растения (18 баллов)**

На гидропонной установке выращивают сырье для получения лекарственного препарата. Помимо организации процесса роста и развития растения, а также подбора оптимальных режимов выращивания на количество и качество получаемого целевого продукта влияет эффективность процессов сбора и переработки растительного сырья.

Так, после сбора всей биомассы растений необходимо отделить лишние и непродуктивные части (сухие или подгнившие части растений, а также части, не содержащие целевого продукта или нужного компонента). Затем биомасса подвергается промывке, просушиванию, измельчению до нужной консистенции и выделению необходимого компонента с применением физико-химических методов.

Несколько килограммов растения, собранного в виде урожая на гидропонной установке, передано на дальнейшую переработку.

Известно, что целевое вещество содержится в листьях, стеблях и корнях растений, при этом на переработку переданы полностью сформировавшиеся растения:

цветки, листья, стебли, корни, распределенные в пропорции 1:1:2:2 соответственно.

Для получения водного раствора целевого вещества необходимо залить водой измельченную массу и выдерживать ее несколько часов при постоянной температуре на водяной бане.

Полученную субстанцию фильтруют, а оставшаяся жидкость становится основным источником целевого полезного вещества для последующей экстракции с применением хлороформа.

1. Сколько граммов подготовленного сырья поступает на этап экстракции с помощью органического вещества, если известно, что при промывке и удалении лишних частей растения было удалено 2 кг частей, не содержащих целевое вещество, что полностью включает в себя все нецелевые фрагменты растения, а также 5% от общей массы полезных частей сырья, содержащих целевое вещество?
2. Каким может быть коэффициент распределения выделяемого вещества между водной и органической фазой, если их распределение в растворе и экстрагенте равно 0,04 моль/л и 0,06 моль/л соответственно, а в 1 л водного раствора содержится 200 г целевого вещества?
3. Сколько этапов последовательной экстракции необходимо провести, если в начале процесса есть 2 л водного раствора и 4 л экстрагента, а после извлечения в исходном растворе должно остаться менее 30% целевого вещества?

В процессе экстракции можно не только выделять полезные вещества для дальнейшего использования, но и наоборот, очищать от примесей определенные смеси, получая конечный продукт высокой чистоты (более 90%).

Этот процесс активно используется при производстве сырья в виде ароматических углеводородов для дальнейшего применения в нефтехимической промышленности.

Одним из наиболее востребованных веществ данного класса является соединение А.

Известно, что часто в качестве сырья для его производства используют риформинг-бензин. Но в ходе цепочки превращений его можно получить и из других соединений.

4. Последовательно проведите следующую цепочку превращений.
  - Нагреть метан до температуры более 1 500 °С.
  - Снизить температуру до 400 °С и добавить активированный уголь.
  - Провести реакцию алкилирования с хлорметаном в присутствии хлорида алюминия.
  - Получить с участием перманганата калия соль бензойной кислоты.
  - Провести реакцию с твердым гидроксидом калия с образованием вещества А.

Запишите все указанные реакции и укажите условия их протекания.

5. Известно, что при сгорании соединения А образуется значительное количество копоти. С чем это связано?
6. Запишите общую формулу гомологического ряда соединения А. Какое общее короткое название они имеют?

**Решение**

Известно, что целевое вещество содержится в листьях, стеблях и корнях растений, при этом на переработку переданы полностью сформировавшиеся растения: цветки, листья, стебли, корни, распределенные в пропорции 1:1:2:2 соответственно.

Было удалено 2 кг частей, не содержащих целевое вещество, что полностью включает в себя все нецелевые фрагменты растения, а также 5% от общей массы полезных частей сырья, содержащих целевое вещество.

1. Сколько граммов подготовленного сырья поступает на этап экстракции с помощью органического вещества, если известно, что при промывке и удалении лишних частей растения было удалено 5%.

Всего:  $X$  кг.

Удалено — 2 кг, это масса всего, что не содержит полезного вещества.

Пропорция:  $1 + 1 + 2 + 2 = 6$  частей.

Цветки — 1 часть — 2 кг.

Листья — 1 часть — 2 кг.

Стебли — 2 части — 4 кг.

Корни — 2 части — 4 кг.

$10 \cdot 0,95 = 9,5$  кг. (1 балл)

2. Каким может быть коэффициент распределения выделяемого вещества между водной и органической фазой, если их распределение в растворе и экстрагенте равно 0,04 моль/л и 0,06 моль/л соответственно, а в 1 л водного раствора содержится 200 г целевого вещества?

$K = C_1/C_2 = 0,04/0,06 = 0,667$ . (1 балл)

3. Сколько этапов последовательной экстракции необходимо провести, если на первой ступени процесса есть 2 л водного раствора и 4 л экстрагента, а после извлечения в исходном растворе должно остаться менее 30% целевого вещества?

В 1 л раствора 200 г целевого вещества. То есть  $g_0 = 200$  г.

$G_1 = g_0(k \cdot V_1 / (k \cdot V_1 + V_2))$ ;

$G_1 = 200 \cdot (0,667 \cdot 2 / (0,667 \cdot 2 + 4)) = 50,019$  г — осталось в растворе. (1 балл)

В процентном соотношении  $x = (50,019 \cdot 100 / 200) = 25,009\%$ . (1 балл)

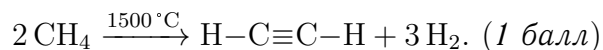
Достаточно 1 этапа. (1 балл)

4. Последовательно проведите следующую цепочку превращений:

- Нагреть метан до температуры более 1 500 °С.
- Снизить температуру до 400 °С и добавить активированный уголь.
- Провести реакцию алкилирования с хлорметаном в присутствии хлорида алюминия.
- Получить с участием перманганата калия соль бензойной кислоты.
- Провести реакцию с твердым гидроксидом калия с образованием вещества А.

Запишите все указанные реакции и укажите условия их протекания.

- Условия протекания реакции — температура более 1500 °С.



- Условия протекания реакции — наличие активированного угля, С акт, температура около 400 °С.

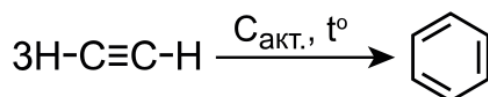
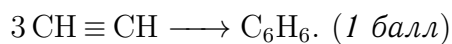


Рис. 4.2.4

- Условия протекания реакции — высокая температура.

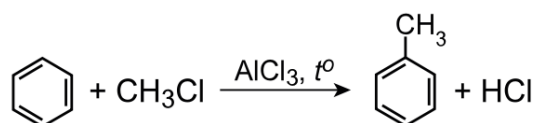
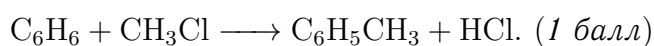


Рис. 4.2.5

- Условия протекания реакции — высокая температура.

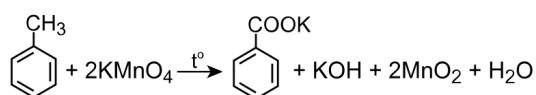
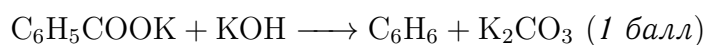


Рис. 4.2.6

- Условия протекания реакции — высокая температура.





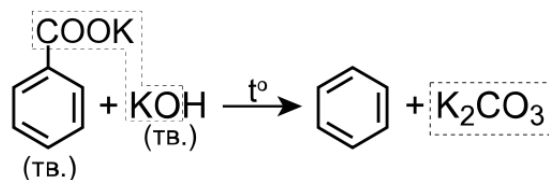


Рис. 4.2.7

5. При сгорании соединения А образуется значительное количество копоти. С чем это связано?

Бензол содержит около 92% углерода, при неполном его сгорании образуется много копоти. Поднесем к чашке с бензолом горящую лучину. Бензол быстро вспыхивает и горит ярким сильно коптящим пламенем. (1 балл)

6. Запишите общую формулу гомологического ряда соединения А.

$\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ , ( $n \geq 6$ ). (1 балл)

Арены. (1 балл)

## 4.3. Инженерный тур

### 4.3.1. Общая информация

Задачей инженерного тура заключительного этапа является разработка автономной инженерной биологической системы для организации зоны продукционного ситифермерства на территории, пострадавшей от аварийного пролива нефтепродуктов.

### 4.3.2. Легенда задачи

15 декабря 2024 года во время шторма в Черном море потерпели крушение два танкера, перевозящие нефтепродукты. В результате нарушения целостности накопительных отсеков мазут попал прямо в Черное море.

Уже 21 декабря возле берегов были обнаружены следы первых выбросов мазута, которые в течение нескольких дней распространились вдоль береговой линии и далее, что привело к введению режима техногенной ЧС регионального характера.

В результате аварии из 9 200 т мазута, находившихся в танкерах, в море оказалось около 3 750 т.

Авария произошла в Керченском заливе вдали от берега, но к ночи первого дня поднявшийся ветер способствовал распространению загрязнителя к порту Тамань и к берегам Анапы.

Как правило, вещества-загрязнители остаются пленкой на поверхности воды либо оседают на дно, однако из-за близких значений плотности морской воды в Черном море в зимнее время и вещества-загрязнителя, попавшего в воду, он остался в толще воды. Изменение направления ветра спровоцировало распространение пятна на север, северо-восток, юго-запад, северо-запад и другие направления, загрязняя все большие объемы и территории.

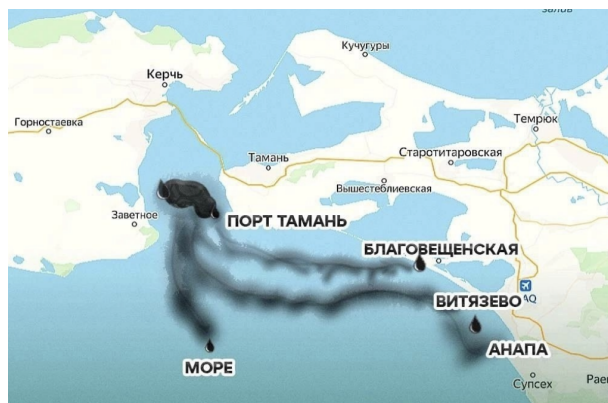


Рис. 4.3.1. Примерное распространение пятна мазута в Черном море

Задачей командного тура является разработка автономной инженерной биологи-

ческой системы для создания зоны продукционного ситифермерства на территории, пострадавшей от аварийного пролива нефтепродуктов в береговой зоне загрязненных пляжей Витязево.

Спроектируйте multifunctional модуль для организации сельского хозяйства на пострадавших территориях и разработайте технологию выращивания живых организмов (растений и водных животных) в неблагоприятных условиях, а именно, на загрязненной нефтепродуктами прибрежной линии Черного моря.

### 4.3.3. Требования к команде и компетенциям участников

Количество участников в команде: 3–4 человека.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды:

- **Биолог:** осуществляет идентификацию биологических объектов, подбор биологических объектов под нужные задачи, определяет оптимальные условия для их существования, роста и развития, а также параметры, определяющие эти условия.
- **Химик:** прорабатывает методики определения содержания веществ в исследуемых объектах, подбор и расчет концентраций удобрений, питательных растворов и прочих сопутствующих соединений; оценивает возможное негативное влияние на биологические объекты.
- **Инженер:** прорабатывает конструкцию и физическое воплощение установки, занимается вопросами ее работы, сопутствующими расчетами и решением задач, созданием системы управления и контроля.
- **Биотехнолог:** определяет возможность получения полезных веществ из предложенного сырья; прорабатывает процесс их получение от исходного сырья до конечного продукта, отвечает за реализацию технологии; координирует работу и аккумулирует данные, полученные от других ролей.

### 4.3.4. Оборудование и программное обеспечение

Для решения задачи заключительного этапа каждая команда получает:

- комплект оборудования и расходных материалов для сборки инженерно-биологической системы на базе гроубокса,
- комплект химических компонентов для создания питательного раствора и/или удобрения;
- комплект лабораторного оборудования для проведения сопутствующих исследований,
- комплект для сборки системы автоматизации на базе Arduino;
- ноутбук для разработки технической документации и возможность использования ПК в компьютерном классе с доступом в сеть интернет.

В совместном пользовании в обособленной зоне на общих столах находится оборудование:

- комплекты датчиков для проведения химического анализа;
- титровальные колонки;
- вещества-индикаторы;
- микроскопы;
- тест-системы.

Отдельно располагается зона для тестирования систем освещения и автоматизации, оснащенная дополнительным оборудованием, согласно задачам, выдаваемым на инженерном туре заключительного этапа.

Для решения задачи предлагается использовать следующее ПО:

- стандартный пакет Microsoft Office;
- установленная на ПК в компьютерном классе программа «Компас» (и программы-аналоги).

Таблица 4.3.1. Оборудование

Наименование	Описание
ПК	Персональный компьютер для работы над 3D-моделью и технической документацией
Набор Bioeducation Special BIO <a href="https://bioeducation.space/set/tproduct/607169100-699154986971-nabor-oborudovaniya-special-bio">https://bioeducation.space/set/tproduct/607169100-699154986971-nabor-oborudovaniya-special-bio</a>	Комплект расходных материалов и элементов оборудования для решения практической части задания (биологическая задача)
Набор Bioeducation Special TECH <a href="https://bioeducation.space/set/tproduct/607169100-401891033661-nabor-oborudovaniya-special-tech">https://bioeducation.space/set/tproduct/607169100-401891033661-nabor-oborudovaniya-special-tech</a>	Конструктор для сборки автоматизированной системы выращивания растений гидропонным методом в рамках решения практической части задания (инженерная задача)
Гроубокс	Ярусная каркасная теплица на молнии
Наборы фитоламп с креплениями	Фитолампы УФ-спектра
Наборы фитоламп без креплений	Фитолампы УФ-спектра
Лабораторная посуда	Колбы стеклянные конические плоскодонные (1 л — 2 шт., 250 мл — до 12 шт.), пипетки градуированные, поршневые насосы для пипеток
Магнитная мешалка	Перемешивающее устройство лабораторное
Набор реагентов для оценки кислотности почв	Комплект реагентов для оценки кислотности почв
Микроскоп	Микроскоп с увеличением от 1 000-х
Паяльная станция с вытяжкой и полным комплектом оборудования	Рабочее место, оборудованное необходимыми приборами для безопасной пайки элементов микросхем

### 4.3.5. Описание задачи

Задачей командного тура является создание автономной инженерной биологической системы для организации зоны продукционного ситифермерства на территории,

пострадавшей от аварийного пролива нефтепродуктов в береговой зоне загрязненных пляжей Витязево.

Спроектируйте multifunctional модуль для организации сельского хозяйства на пострадавших территориях и разработайте технологию выращивания живых организмов (растений и водных животных) в неблагоприятных условиях, а именно, на загрязненной нефтепродуктами прибрежной линии Черного моря.

Мультифункциональный модуль должен включать в себя:

- зону интенсифицированного выращивания базовых сельскохозяйственных растений, наиболее характерных для региона (не менее трех из предложенных на полигоне), кроме того, необходимо предложить ряд лекарственных растений, обладающих противовоспалительным действием (не менее трех на выбор участников);
- зону выращивания морских гидробионтов для восстановления пострадавшей морской экосистемы;
- зону комплексной очистки почв и вод для использования в сельском хозяйстве.

Оцените примерные сроки получения первого урожая лекарственных растений и их объемы.

### ***Теоретическая часть задания***

1. Разработайте 3D-модель (либо эскиз) модуля, включающего в себя три зоны:

- интенсифицированного выращивания для обеспечения региона лекарственными и сельскохозяйственными растениями;
- выращивания гидробионтов для восстановления пострадавшей морской экосистемы;
- комплексной очистки почв и вод для использования в сельском хозяйстве.

При проектировании модуля следует придерживаться следующих принципов:

- максимального использования полезной поверхности для выращивания растений;
- применения субстратов местного производства;
- минимизации энергопотребления и ресурсосбережения.

2. Разработайте план серии экспериментов (и проведите биотестирование в практической части задачи) с целью изучения негативного влияния предложенных веществ-загрязнителей на скорость роста и развития растений с учетом следующих условий: с применением стимуляторов корнеобразования и без них, используя метод последовательных разведений с условием превышения ПДК и рассмотрев вероятность загрязнения различных сред: воды для полива, почвы и воды для полива и почвы.

3. Проведите расчеты продуктивности разработанной multifunctional инженерной биологической системы. Какие растения наиболее актуальны для выращивания в данном регионе? Полученные данные сравните с продуктивностью ситифермы на полигоне.

4. Дайте подробное описание пострадавших видов растений и водных животных, характерных для исследуемого места. Предложите технологию восстановления численности не менее, чем двух видов водных животных и рыб на базе разрабатываемой системы. Продумайте полный цикл выращивания и условия выпуска в открытую воду.

### ***Практическая часть задания***

Здания выполняются в следующей последовательности:

1. Обеспечить максимальную продуктивность предложенной ситифермы на полигоне и поддерживать биологические объекты в жизнеспособном состоянии на протяжении инженерного тура.
2. Подготовить комплект спецификаций полученного оборудования, химических реагентов и биологических объектов. Разработать схему размещения объектов и оборудования в предложенном грубобоксе.
3. Разработать режимы полива, освещения, предложить схему автоматизации ситифермы и отразить их в технической документации и лабораторном журнале.
4. Провести серии экспериментов по биотестированию с целью изучения негативного влияния предложенных веществ-загрязнителей на скорость роста и развития растений с применением стимуляторов роста и без них, используя метод последовательных разведений с кратным превышением предельно-допустимых концентраций и рассмотрев вероятность загрязнения различных сред: воды для полива, почвы и воды для полива и почвы.

### ***Дополнения и ограничения***

Для 8–9 классов получаемое в результате реализации разработанной технологии лекарственное сырье должно подходить для приготовления мази.

Для 10–11 классов получаемые в результате реализации разработанной технологии водные биоресурсы должны быть пригодны к использованию в качестве сырья для пищевой промышленности с учетом реализации полученного продукта в детских садах и пансионатах.

Задача разделена на теоретическую и практическую часть, данные для решения которых тесно связаны друг с другом. Некоторые шаги практической части задания дополняются решением специальной подзадачи, связанной с соответствующими компетенциями членов команды (биолог, химик, биотехнолог, инженер).

В перечень технической документации, являющейся решением практической задачи, входят:

1. Лабораторный журнал (в бумажном формате, оценивается в последний день вместе с рабочим местом на полигоне экспертной комиссией).
2. Спецификация биологических объектов с оценкой их состояния (в формате DOC).
3. Спецификация химических реагентов и удобрений с описанием разработанной рецептуры питательного раствора для полива растений на полигоне (в формате DOC).

4. Спецификация элементов оснащения и оборудования с обозначением функционала и разбивкой на подсистемы (в формате DOC).
5. Схема размещения биологических объектов и оборудования в лабораторной установке (эскиз) (в формате PDF).
6. Решения задач №№ 1–4 в виде текстовых файлов с протоколом тестирования и схемой автоматизации при необходимости.

В перечень технической документации, являющейся решением теоретической задачи, входят:

1. 3D-модель разработанной системы с пояснительной запиской (включающей скриншоты основных видов модели и описание этапов подготовки — очистки воды и почв от потенциального загрязнения).
2. Технологическая схема разработанной технологии выращивания водных объектов с пояснениями, включающая подробное описание пострадавших видов растений и водных животных, характерных для исследуемого места согласно заданию (в формате DOC или PDF).
3. Расчет продуктивности разработанной системы и сопоставление с продуктивностью ситифермы на полигоне с указанием следующих параметров: полезной поверхности для выращивания растений и подробным описанием технологии выращивания (в формате DOC).
4. План серии экспериментов с протоколом эксперимента по биотестированию с целью изучения негативного влияния предложенных веществ-загрязнителей на скорость роста и развития растений с учетом следующих условий: с применением стимуляторов корнеобразования и без них, используя метод последовательных разведений с условием превышения ПДК и рассмотрев вероятность загрязнения различных сред: воды для полива, почвы и воды для полива и почвы (в формате DOC).

Презентация в формате PPT, PPTX или PDF с решениями пп. 1–5.

### ***Задача № 1***

Используя набор Bioeducation Special TECH, соберите устройство для выращивания растений и наблюдения за их ростом.

### ***Задача № 2***

Реализуйте программно-аппаратную систему автоматического полива растений в устройстве. Для этого проанализируйте программный код и внесите в него необходимые изменения. Полив должен:

- включаться автоматически, если влажность субстрата становится менее 66%;
- осуществляться дозами; рекомендуемое время одного полива — 5 с.

В случае, если для достижения целевого значения влажности субстрата (66%) не хватило одной дозы полива, следующая доза может быть назначена не менее, чем через 2 мин.

Порядок работы:

1. Ответьте на вопросы: «Может ли данная схема быть масштабирована и применяться для автоматизации гроубокса? Почему?» Поясните ответ.
2. Оформите результаты решения задачи в виде текстового документа и иллюстрациями (фотографиями) в формате DOC, DOCX или PDF и передайте организаторам в установленном порядке.
3. Подтвердите результат решения демонстрацией работы устройства в присутствии экспертной комиссии. Для этого не обязательно использовать весь его функционал (например, изменение уровня влажности субстрата можно имитировать погружением датчика влажности субстрата в стакан с водой).
4. Решив задания №№ 1, 2, дополните разрабатываемую 3D-модель установки аналогичной или альтернативной системой автоматизации.

### **Задача № 3**

Порядок выполнения:

1. Получите пробы №№ 1, 2, 3. Проанализируйте их с помощью предложенных комплектов для анализа.
2. Идентифицируйте каждую из проб и подготовьте описание ее свойств, основываясь на визуальном и органолептическом анализе (соблюдайте технику безопасности!). Сформулируйте гипотезу о специфике загрязнителя и пути попадания его в полученный образец.
3. Получите комплекты сорбентов и поверхностно-активных веществ и опишите их свойства. Где они используются?
4. Выполните эксперимент по экспресс-удалению веществ-загрязнителей. Опишите его ход и изменения, произошедшие в предложенных пробах. Проведите микроскопирование сорбирующих веществ до и после проведения эксперимента.
5. Добавьте к решению снимки проб и результаты микроскопирования (фотографии) с описаниями. Подпишите каждый рисунок по образцу:  
«Рис. X. Проба X. Сорбент X. Отобран до / во время / после эксперимента».
6. Оформите результаты решения задачи в виде текстового документа в формате DOC, DOCX или PDF и передайте организаторам в установленном порядке.
7. Решив задание, при необходимости дополните решение задачи финала, пользуясь полученными в ходе решения задачи методиками и данными.

### **Задача № 4**

Молодой ученый Семен учится в аспирантуре и проходит стажировку в крупнейшем научно-исследовательском институте, занимающемся селекционным картофелем.

В эту организацию обращаются представители регионов с просьбой адаптировать наиболее продуктивные сорта картофеля к особенностям местного климата, а также предоставить несколько тысяч образцов растений для дальнейшей высадки в почву.

Селекция и адаптация растений к различным условиям осуществляется с применением агробиотехнологий, ускоренных методов селекции и технологии микроклони-



рования. Для дальнейшего выращивания растений в НИИ размещены гидропонные установки и купольные теплицы, расположенные на открытом воздухе.

Семен познакомился со всеми стадиями процесса от приема и анализа образцов до получения взрослого растения и первого урожая.

Теперь в его планах организовать агробизнес, основанный на доращивании микроклонов полезных растений до состояния взрослых растений и получения в качестве реализуемого продукта рассады и готового продукта (взрослого растения) на продажу.

1. Первым этапом является закупка микроклонов и их дальнейшее содержание. Семен считает, что для организации данного процесса идеально подходят гроубоксы, аналогичные тем, что размещены на полигоне.

Размеры полки гроубокса:  $40 \times 60$  см, высота полки 40 см.

Известно, что микроклоны поставляют в стеклянных цилиндрических емкостях с крышкой размером  $20 \times 35$  мм.

Стоимость гроубокса со всем текущим оснащением примите равной 55 тыс. руб.

2. Следующим этапом Семен хочет высаживать подрощенные микроклоны прямо в почву, размещая по 1 растению на каждые  $50 \text{ см}^2$  кадки.

Кадка для растений имеет следующие параметры:

- Размеры :  $490 \times 490 \times 490$  мм.
- Масса: 28 кг.
- Стоимость: 23,5 тыс. руб.

Розничная цена универсального торфогрунта — 230 руб. за 50 л. Оптовая цена при покупке от 1 000 л — 150 руб. за 50 л.

Стоимость 1 микроклона картофеля красного — 35 руб. Время вегетационного периода — 90 дней.

Таблица 4.3.2. Параметры купольной теплицы стоимостью 54 тыс. руб.

Диаметр	2,8 м
Площадь	6 м <sup>2</sup>
Высота	2,4 м
Полезный объем	14,5 м <sup>3</sup>
Вес комплекта	67 кг
Объем комплекта	0,11 м <sup>3</sup>

Порядок действий:

1. Проведите расчет приведенных затрат с пояснениями (при необходимости опишите, как именно будет организовано размещение микроклонов, кадок и прочих важных элементов или зарисуйте).
2. Пользуясь данными задачи, рассчитайте предполагаемое количество годового урожая и потенциальную прибыль с продажи полученного в течение года урожая или рассады на продажу.

3. Ответьте на вопросы: «Какие технологические решения, принятые Семеном, несут в себе риски и почему? Что еще он не учел при планировании бизнеса?»
4. Ответьте на вопросы: «Можно ли предложить Семену меры для предотвращения рисков? Если да, то какие?» Все дополнительные конструктивные элементы, крепления, лампы, нагреватели и прочее войдут в статью расходов как дополнительные траты.
5. Пользуясь открытыми источниками информации, предложите наиболее эффективную схему развития агробизнеса для Семена.

Оформите результаты решения задачи в виде текстового документа в формате DOC, DOCX или PDF и передайте организаторам в установленном порядке.

Решив задание, при необходимости дополните решение задачи финала, пользуясь полученными в ходе решения задачи материалами и данными.

### 4.3.6. Система оценивания

Таблица 4.3.3

Подзадача	Количество баллов
Спецификация биологических объектов	5
Спецификация химических реагентов	5
Спецификация элементов оснащения и оборудования	5
Схема размещения биологических объектов и оборудования в лабораторной установке (эскиз)	5
Полигон	10
Задача № 1	5
Задача № 2	5
Задача № 3	5
Задача № 4	5
3D-модель	10
План серии экспериментов	5
Технологическая схема выращивания гидробионтов	10
Расчет продуктивности биомассы	10
Презентация решения	15
<b>Итого</b>	<b>100</b>

### 4.3.7. Решение задачи

Задача заключительного этапа — это комплексная многоуровневая инженерная задача, поэтому особую важность имеет планирование занятости участников в контексте их ролей.

В тексте задания присутствует полный перечень документации, необходимой к сдаче в каждый из конкурсных дней.

**День 1 (материалы к сдаче):**

- Спецификация биологических объектов — 5 баллов.
- Спецификация химических реагентов — 5 баллов.
- Спецификация элементов оснащения и оборудования — 5 баллов.
- Схема размещения биологических объектов и оборудования в лабораторной установке (эскиз) — 5 баллов.

Для успешного выполнения задачи необходимо внимательно ознакомиться с текстом задания, а также систематизировать размещение оборудования и расходных материалов на рабочем месте, выделив наиболее нужные позиции для дальнейшей работы, опираясь на свойства и критерии, характеризующие предложенные элементы.

Таблица 4.3.4. Критерии оценивания спецификаций

<b>№ критерия</b>	<b>Спецификация биологических объектов</b>	<b>Спецификация химических реагентов</b>	<b>Спецификация элементов оснащения и оборудования</b>	<b>Схема размещения биологических объектов и оборудования в лабораторной установке (эскиз)</b>
1	Присутствуют все предложенные объекты (1 балл)	Присутствуют все предложенные реагенты (1 балл)	Присутствуют все предложенные элементы оборудования (1 балл)	На схеме корректно изображено расположение элементов каркаса (1 балл)
2	Объекты правильно идентифицированы (1 балл)	Дано корректное описание каждого из них (1 балл)	Функционал элемента указан верно (1 балл)	На схеме корректно изображено расположение биологических объектов (1 балл)
3	Описаны свойства и ключевые параметры (1 балл)	Даны рекомендации по применению (1 балл)	Описаны свойства и ключевые параметры (1 балл)	На схеме корректно изображено расположение ламп или системы освещения (1 балл)
4	Дано корректное описание состояния каждого из них (1 балл)	Описаны особенности влияния на объекты (1 балл)	Дана корректная разбивка по системам и назначению (1 балл)	На схеме предусмотрены надписи и корректно читаются все элементы схемы (1 балл)
5	В графе примечания указаны особенности данного объекта (1 балл)	Описаны составы, которыми пользуются на полигоне (1 балл)	Указан основной элемент оборудования ситифермы — гроубокс (1 балл)	Расположение электроприборов не противоречит технике безопасности, законам физики и здравому смыслу (1 балл)

**Пример решения задания командой-победителем**

Таблица 4.3.5. Спецификация биологических объектов с оценкой их состояния

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
1	Овес	<p>Однолетнее травянистое растение, вид рода Овес (<i>Avena</i>), широко используемый в сельском хозяйстве злак. Высотой 50–170 см, всегда с голыми узлами.</p> <p>Корень мочковатый. Стебель — соломина 3–6 мм в диаметре, с 2–4 узлами. Цветки мелкие, собраны по 2–3 в колоски, образующие раскидистую метелку до 25 см длиной. Колоски средней величины, двух–трехцветные.</p> <p>Овес влаголюбив, холодостоек и менее требователен к почве, чем другие хлебные злаки (кроме ржи). Семена начинают прорастать при температуре 2–3 °С, всходы выдерживают заморозки до –4...–5 °С.</p>	<p>В зерне овса содержится:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8–10 % клетчатки, 40–60 % крахмала, 10–15 % белка,</li> <li>• 4–6 % жира.</li> </ul> <p>Белок включает все незаменимые для человека и животных аминокислоты.</p> <p>В зерне овса имеется большое количество органических соединений железа, кальция, фосфора, витаминов группы В.</p> <p>Зерно перерабатывают на крупу и муку, хлопья, которые отличаются высокой питательной ценностью, легкой усвояемостью, что позволяет использовать их в детском и диетическом питании.</p> <p>В 100 г овсяных хлопьев содержится 0,9 г лецитина, 4 мг железа, 0,4 мг витамина В1, 4,2 мг витамина Е и 420 ккал.</p> <p>139 г овсяных хлопьев составляют суточную потребность человека в железе.</p>	Получено 21,7 г семян, непророщенных, в хорошем состоянии.	<p>Замочить семена перекисью водорода.</p> <p>Семена переложить на небольшом расстоянии друг от друга (3 мм) в емкость с намоченной агроватой.</p> <p>Заккрыть емкость прозрачной крышкой.</p> <p>Положить емкость с семенами в гроубокс.</p> <p>В дальнейшем изредка опрыскивать субстрат и побеги.</p>	Замачивание семян в перекиси водорода стимулирует всхожесть и дезинфицирует семена.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
2	Горох зеленый (Мад-рас)	<p>Горóх (лат. <i>Písum</i>) — род однолетних и многолетних травянистых растений семейства Бобовые (<i>Fabaceae</i>). По современной классификации полностью включен в род Чина (<i>Lathyrus</i>).</p> <p>Широко используется как пищевая и кормовая культура. Культивируется человеком с IV века до нашей эры, является одним из древнейших культурных растений.</p> <p>Травы со слабыми выходящими стеблями. Листья перистые и заканчиваются ветвистыми усиками, с помощью которых они цепляются за другие растения.</p>	<p>Микрозелень гороха содержит витамины А и С, а также фосфор, железо, калий, фолиевую кислоту, каротин и антиоксиданты. Совокупность большого количества макро- и микроэлементов обеспечивает пользу для организма, которая заключается в следующем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• является источником энергии;</li> <li>• нормализует кровяное давление;</li> <li>• снижает риск заболевания сердечно-сосудистых заболеваний;</li> <li>• укрепляет иммунитет;</li> <li>• улучшает работу желудочно-кишечного тракта;</li> <li>• способствует нормализации веса;</li> <li>• выводит токсины.</li> </ul>	Получено 30 г семян, непророщенных, сухих, в хорошем состоянии.	<p>Насыпать семена гороха в лоток для замачивания. Залить семена водой примерно до середины лотка. Добавить 1 ст. л. 3%-й перекиси водорода (для обеззараживания семян и воды); оставить семена замачиваться.</p> <p>В это время смочить агровату водой. Пересыпать просушенные семена на агровату, распределить в один слой. Поверх семян поставить лоток для замачивания и положить в него груз массой 0,5–1 кг для прижима. Поставить лоток в темное место; опрыскивать водой один раз в день. Ежедневно поливать микрозелень.</p>	Влаголюбивое растение, поэтому выбран ежедневный полив.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
3	Редис (Чайна Роуз)	<p>Редис Чайна Роуз (китайская роза) — сочная красочная микрозелень, которая обладает антибактериальными, противораковыми, общеукрепляющими, антиоксидантными и другими свойствами.</p> <p>Листовой редис Чайна Роуз предназначен для выращивания молодых зеленых растений для витаминной микрозелени. От посева до уборки в среднем 5–6 дней.</p> <p>Семядольные листья светло-зеленые, черешки розовой окраски. Вкус среднеострый. Семена коричневые.</p>	<p>В микрозелени редиса Чайна Роуз содержатся: фитонциды, каротиноиды, эфирные масла, витаминами группы В, Е, С, РР, микроэлементами (натрий, калий, кальций, магний, железо, хром, йод, кобальт, медь, цинк, фтор, фосфор).</p> <p>Микрозелень улучшает пищеварение, разжижает желчь, улучшает состояние кожи, ногтей и волос, укрепляет иммунитет и организм в целом.</p> <p>Губительно действует микрозелень на патогенную микрофлору, грибки и бактерии, а каратиноиды, входящие в состав, борются со свободными радикалами, предотвращая разрушение организма.</p> <p>При ежедневном употреблении снижается холестерин и уровень сахара в крови, нормализуется работа сердечно-сосудистой системы и повышается уровень гемоглобина. Особенно полезна микрозелень редиса для женского здоровья и при анемии.</p>	Получено 7,3 г семян, не пророщенных, сухих, в хорошем состоянии	<p>Семена равномерно распределить по поверхности субстрата в лотке для выращивания, опрыскивать водой.</p> <p>Контейнеры с посеянными семенами составлять друг на друга.</p> <p>Выставить лотки с микрозеленью на свет через 3–5 суток, после формирования проростков длиной 3–5 мм.</p>	Регулярное опрыскивание водой для увлажнения семян.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
4	Подсолнечник	<p>Подсолнечник (лат. Helianthus) — род растений семейства Астровые (Asteraceae). Характерен высокий стебель до 3 м, покрытый супротивными или попеременными жесткими листьями. Внутри стебля находится мягкая, упругая сердцевина.</p> <p>Листья очередные, на длинных черешках, супротивные, зеленые, овально-сердцевидные с заостренными концами, с пластиной до 40 см длины, Цветки в верхушечных, очень крупных соцветиях-корзинках.</p>	<p>Семена содержат белки, жиры, аминокислоты, большое количество полиненасыщенных жирных кислот, витаминов (А, D, Е, группы В), макро- и микроэлементов. Витамин А обеспечивает антиоксидантную защиту организма, витамин Е способствует повышению иммунитета, витамин D необходим для усвоения кальция и магния.</p> <p>Полиненасыщенные жирные кислоты снижают уровень холестерина в крови и препятствуют развитию сердечно-сосудистых заболеваний. Витамины группы В способствуют нормальному функционированию мышечной и нервной систем. В семечках содержатся микроэлементы цинк и магний. Цинк поддерживает иммунитет, обеспечивает прочность ногтей и волос, магний необходим для правильной работы сердца и нервной системы.</p> <p>Зерна подсолнечника положительно влияют на работу печени при заболеваниях желчевыводящих путей, увеличивая отток желчи.</p>	Получено 14,6 г семян, непророщенных, сухих, в хорошем состоянии.	<p>Оставить семена в теплой воде на 3 ч. Обеззаразить семена перекисью водорода. Семена переложить на небольшом расстоянии друг от друга в емкость с намоченной агроватой. Закрыть емкость прозрачной крышкой.</p> <p>Поместить емкость с семенами в гроубокс.</p> <p>В дальнейшем увлажнять субстрат и побеги 1–2 раза в день.</p>	Замачивание семян в перекиси водорода стимулирует всхожесть и дезинфицирует семена.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
5	Горчица белая	<p>Горчица белая, или Английская белая горчица (лат. <i>Sinapis alba</i>) — вид однолетних травянистых растений рода Горчица (<i>Sinapis</i>) семейства Капустные (<i>Brassicaceae</i>). Лекарственное, кормовое и медоносное растение высотой 25–100 см. Стебли жестковолосистые, иногда почти голые, прямостоячие, вверху разветвленные. Цветки бледно-желтые или белые, собраны в многоцветковое (25–100 цветков) кистевидное соцветие. Растение насекомоопыляемое. Плод — стручок. Растение считается влаголюбивым и холодостойким, а также отличается достаточно коротким вегетативным периодом: с момента посева до цветения 1,5–2 месяца и еще 5–7 недель до полного созревания семян.</p>	<p>Белая горчица является отличным лекарственным средством. Семена используют при лечении склероза, гипертонии, проблемах с пищеварительной и мочевыделительной системой, ревматизме и кожных заболеваниях.</p> <p>В свежем виде употребляют в качестве средства, повышающего аппетит и снимающего боль.</p> <p>Известное средство на основе горчицы — согревающие горчичники для наружного применения.</p> <p>Семена добавляют в овощные, мясные и грибные маринады, в горячие мясные и рыбные блюда. Свежие листья используют в салатах и супах.</p> <p>Белая горчица — хороший медонос. Важнейшей функцией этой культуры считается удобрение и обеззараживание почвы. В корнях растения содержатся редкие органические кислоты, которые взаимодействуют с почвой, что позволяет облегчить усвоение и активизировать действие различных органических и минеральных подкормок.</p>	Получено 5,4 г семян, непророщенных, сухих, в хорошем состоянии.	<p>Замочить семена в перекиси водорода.</p> <p>Очищенные семена переложить на небольшом расстоянии друг от друга в емкость с намоченной агроватой.</p> <p>Заккрыть емкость прозрачной крышкой.</p> <p>Поместить емкость с семенами в гроубокс.</p> <p>В дальнейшем поддерживать постоянное увлажнение почвы, но не переувлажнять.</p>	Замачивание семян в перекиси водорода стимулирует всхожесть и дезинфицирует семена.	



№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
6	Чечевица зеленая	<p>Травянистое растение; вид рода Чечевица (<i>Lens</i>) семейства Бобовые (<i>Fabaceae</i>).</p> <p>Одна из древнейших сельскохозяйственных культур. Широко возделывается как пищевое и кормовое растение, зернобобовая культура.</p> <p>Корень тонкий, маловетвистый. Стебель 15–75 см, прямостоячий, сильно ветвистый. Листья очередные, короткочерешковые, парноперистые, заканчиваются простым или немного ветвистым усиком. Цветоносы толстоватые, заканчиваются осью. Цветки мелкие, 0,5–0,7 см длиной, собраны по 1–4 в виде кисти, поникающие, белые, розовые или фиолетовые. Чашечка коротко-колокольчатая; зубцы почти одинаковые, тонкие, нитевидно-шиловидные. Цветение в июне–июле.</p>	<p>Чечевица богата витаминами группы B1, B6, B2, B3, а также A, C, E, K, PP.</p> <p>Белка 25% — больше, чем в говядине (20,7%), поэтому может заменять мясо.</p> <p>Содержит почти всю таблицу Менделеева и до 90% суточной нормы фолиевой кислоты, а также большое количество витаминов и минералов.</p> <p>В первую очередь укрепляет сердечно-сосудистую систему за счет магния и калия. Витамины группы стимулируют работу мозга и нервной системы. Улучшают память, внимание, концентрацию.</p> <p>Культура нормализует уровень холестерина в крови благодаря большому количеству клетчатки. Чечевица — идеальный диетический продукт, т. к. содержит медленные углеводы и позволяет дольше чувствовать сытость.</p>	Получено 22 г семян, непророщенных, сухих, в хорошем состоянии	<p>Замочить семена чечевицы на ночь, чтобы запустить процесс прорастания.</p> <p>Заполнить контейнер субстратом больше чем на половину.</p> <p>Посеять семена (щедро насыпать их по лотку и слегка придавить ладонью или немного присыпать субстратом). Побрызгать семена водой.</p> <p>Поставить контейнер в теплом и светлом месте.</p> <p>Поливать микрозелень по мере необходимости.</p>	Регулярное опрыскивание водой для увлажнения семян.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
7	Салат	<p>Салат, латук (лат. <i>Lactuca sativa</i> L.) — однолетнее либо двухлетнее растение из семейства Астровые, или Сложноцветные, ценная огородная культура.</p> <p>Листья большие, гладкие, гофрированные, морщинистые или курчавые, светло-зеленого или бордового цвета.</p> <p>Употребляется в пищу с древнейших времен. Вкус —нейтральный. В настоящее время является одной из самых распространенных овощных культур в мире.</p>	<p>Регулярное употребление латука в пищу способно улучшить мозговую активность, нормализовать сон и помочь избавиться от бессонницы и тревожных состояний.</p> <p>Салат воздействует на зрение, снимая усталость глаз, содействует укреплению иммунитета, снижает уровень холестерина и ускоряет обмен веществ в организме.</p> <p>Химический состав обуславливает благотворное влияние на состав крови, поэтому он может быть полезен при анемических состояниях и для стабилизации артериального давления.</p> <p>Потребление салата крайне полезно для пищеварения: регулярный прием в пищу позволяет наладить очищение кишечника от токсинов и шлаков. Латук влияет на общее развитие и рост организма, поэтому полезен детям и для укрепления ногтей и волос.</p>	<p>Высота растения 18 см. Ширина кочана 5 см.</p> <p>Общее состояние среднее: листья легко отламываются, вялые.</p>	<p>Оборвать поломанные и вялые листья.</p> <p>Пересадить в горшок большего размера.</p> <p>Полить теплой водой в количестве 30 мл.</p> <p>В дальнейшем — полив по 20–30 мл.</p>	<p>Поломанные листья мешают растению и замедляют его рост и развитие.</p>	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
8	Нарцисс Тет-а-тет	<p>Нарцисс Тет-а-тет (Tete-a-tete) относится к карликовому сорту, характеризуется наличием узкой трубчатой коронки (сердцевины) и лепестков желтого цвета.</p> <p>Растение многолетнее и выращивается для выгонки, срезки, контейнерного выращивания, газона, групповых посадок, одиночных посадок, миксбордера.</p> <p>Нарцисс этого сорта низкий, высота составляет 15–25 см. Листья острые, зеленого цвета, появляются на растении в конце февраля или начале марта; образуют розетку, поскольку растут только у корня. Стебель цветоносный, прямостоячий. Цветонос мощный, на нем формируется по 2–3 соцветия. Цветки мелкие, их диаметр не превышает 4–6 мм.</p>	<p>В листьях и луковицах содержатся вещества, которые оказывают лечебное воздействие при бронхите и пневмонии, способствуя откашливанию.</p> <p>Примочки помогают заживать трещины на ступнях и уменьшают дискомфорт при варикозном расширении вен.</p> <p>Масло используется для выведения с лица веснушек, при лечении различных воспалительных болезней кожи, заболеваниях суставов, радикулите, в борьбе с облысением.</p> <p>Нарцисс хорошо успокаивает нервную систему человека, снижает уровень тревожности, уменьшает ощущение страха, поднимает настроение и улучшает самочувствие.</p>	Получено 5 луковиц, состояние хорошее: распустившихся бутонов — 4, нераспустившихся — 6. Средняя высота растений — 28 см. Луковицы диаметром от 4 до 5 см.	<p>Отделить луковицы друг от друга.</p> <p>Побрызгать луковицы указанным веществом (живое удобрение, оздоровитель почвы, биозащита от болезней).</p> <p>Пересадить луковицы в отдельные горшочки так, чтобы они немного выпирали из почвы.</p> <p>Полить теплой водой. В дальнейшем увлажнять почву.</p>	Выбрана неглубокая посадка, так как глубокая посадка может замедлить прорастание и цветение, а на тяжелых почвах глубоко посаженные луковицы могут не зацвести.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
9	Гиацинт Р7	<p>Гиацинт (лат. <i>Hyacinthus</i>) — род растений семейства Спаржевые (<i>Asparagaceae</i>).</p> <p>Многолетнее луковичное растение. Луковица плотная. Цветущий стебель является непосредственным продолжением донца. После отцветания зеленый цветonoсный стебель вместе с зелеными листьями, сидящими при нем в самом низу, отсыхает, но в углу самого верхнего из зеленых листьев образуется на стебле, внутри луковицы, почка, которая разрастается и превращается в молодую луковицу, зацветающую на следующий год.</p> <p>Цветки собраны на верхушке стебля в виде кисти. Плод в виде кожистой коробочки с тремя гнездами.</p>	<p>Содержит альдегиды, спирты, метиловый эфир метоксибензойной и метилантраниловой кислоты, сложные эфиры, эвгенол и др. Оказывает: противовоспалительное, бактерицидное, антисептическое, обезболивающее, седативное, вяжущее и омолаживающее действия.</p> <p>Выращивается как в открытом грунте, так и в комнатной культуре, используется для срезки и выгонки.</p> <p>Широко используется в промышленной и народной косметологии, ароматерапии, быту и частично в народной медицине. Из сушеных цветков гиацинта шьют саше для ароматизации белья в шкафах, используют их для отпугивания комаров и тараканов — для этого лепестки измельчают, поджигают и окуривают ими помещение.</p> <p>Эфирное масло, получаемое из цветков и листьев, добавляют в парфюмерию и кремы.</p>	Получена одна луковица, состояние благополучное: бутон не распустился, стебель держит форму. Высота растения — 22 см, диаметр луковицы — 6 см, высота цветка — 6 см.	<p>Отделить растение от упаковки.</p> <p>Побрызгать корни указанным веществом (живое удобрение, оздоровитель почвы, биозащита от болезней).</p> <p>Пересадить луковицу в горшок, не присыпая полностью грунтом.</p>	Гиацинты не требуют обильного полива, поэтому выбран полив раз в 2 дня.	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
10	Лук-севок	<p>Многолетнее травянистое растение, вид рода Лук (<i>Allium</i>), широко распространенная овощная культура. Луковица до 15 см в диаметре, пленчатая.</p> <p>Листья трубчатые, сизо-зеленые.</p> <p>Цветки на длинных цветоножках. Околоцветник зеленовато-белый, до 1 см в диаметре, из шести листочков, тычинок шесть; пестик с верхней трехгнездной завязью. Иногда в соцветии кроме цветков образуются мелкие луковички.</p> <p>Плод — коробочка, содержащий до шести семян. Семена черные, трехгранные, морщинистые, мелкие. Цветет в июне—июле. Плоды созревают в августе.</p>	<p>Бактерицидное и антисептическое воздействие, эффективно борется с вирусами. Улучшает аппетит и стимулирует усвоение пищи; помогает при желудочно-кишечных расстройствах.</p> <p>Благотворно воздействует на нервную систему; помогает при атеросклерозе, гипертонии, хронической слабости, пониженной половой активности и склонности к простудным заболеваниям.</p> <p>Используется в народной медицине в борьбе с цингой и глистными инвазиями. Свежий луковый сок, перемешанный с натуральным медом, избавляет от бельма, бронхита, грибковых заболеваний кожи и долго непроходящего кашля.</p>	<p>Получено 11 луковиц диаметром 1–4 см.</p> <p>Состояние хорошее, не повреждены, не пророщены.</p>	<p>Очистить от кожицы.</p> <p>Замочить в воде на 1 ч.</p> <p>Побрызгать указанным веществом корни луковиц для роста.</p> <p>Посадить в хорошо увлажненную почву.</p>	<p>Замачивание позволяет повысить иммунитет растения и его всхожесть, предотвратить гниение.</p>	

№	Биологический объект	Общее биологическое описание	Ключевые свойства	Описание состояния при приемке	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора способа содержания/выращивания	Примечание
11	Виноград плодовый Велика фиолетовый	<p>Виноград (лат. Vitis) — род растений семейства Виноградовые.</p> <p>Деревянистые лианы с мощной корневой системой. Образуют длинные, до 3–5 м, однолетние побеги, тонкие, с желто-коричневой сердцевинной.</p> <p>Листья цельные или трех- и пятилопастные, очередные. Цветки мелкие, зеленые и собраны в метелки.</p> <p>Плоды в виде ягод с 1–4 семенами и хорошо развитым околоплодником. Ягоды образуют скопление (кисти, грозди). Семена твердые и имеют грушевидную форму, с клювиком.</p>	<p>Содержит витамины и микроэлементы. В винограде есть железо, фосфор, калий, магний, селен, витамины С, А и В6. Богат антиоксидантами. Два основных типа антиоксидантов в винограде — ресвератрол и кверцетин — нейтрализуют воздействие свободных радикалов, которые могут нанести существенный вред организму. Полезен для сердечно-сосудистой системы. Полифенолы в составе винограда снижают уровень «плохого» холестерина и уменьшают риски возникновения атеросклероза.</p> <p>Помогает пищеварению. В состав входит клетчатка, которая улучшает процессы пищеварения, препятствует развитию возрастной потери зрения и дегенерации желтого пятна.</p> <p>Рекомендуется для общего укрепления организма.</p>	Общее состояние растения хорошее: ствол не поврежден; листья не распустившиеся.	<p>Пересадить виноградную ветвь в хорошо увлажненную почву.</p> <p>Побрызгать корни указанным веществом (живое удобрение, оздоровитель почвы, биозащита от болезней).</p>	<p>Полезные микроорганизмы, обитающие в почве, помогают растениям усваивать питательные вещества.</p> <p>Раствор микробной вытяжки из растений стимулируют скорость роста и процессы развития винограда.</p>	

Таблица 4.3.6. Спецификация химических реагентов с описанием разработанной рецептуры питательного раствора или удобрения для полива растений на полигоне

№	Наименование	Общее описание	Ключевые свойства	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Рекомендуемые для внесения пропорции или рецептура сложного состава с применением об-разцы	Обоснование выбора рецептур и пропорций	Примечание
1.	Липосам	Липкогенная композиция биополимеров природного происхождения. Содержит липкие природные полисахариды. Можно использовать для предотвращения стекания и потерь средств защиты растений с обработанной поверхности, для удержания влаги на корневой системе и листьях растений.	Образует на поверхности растения эластичную сетчатую пленку-мембрану, которая препятствует стеканию, испарению и потере препаратов с листовой поверхности, смыванию росой, дождем, туманом до 20–30 дней, при этом не нарушает поверхностный защитный восковой слой растений, сохраняет дыхание и фотосинтез растений.	Улучшает микрофлору почвы, стимулирует развитие корневой системы, безопасен для людей, животных, пчел, рыб.	Обработку проводить во время цветения и плодоношения утром или вечером, избегая действия прямых солнечных лучей. Порядок приготовления смеси с препаратами защиты и питания: растворить химические препараты, микроэлементы, добавить водный раствор липосама, после тщательно перемешать и добавить биопрепараты.	Фунгициды, инсектициды, биопрепараты + 0,06–0,15% липосам на 200–300 л/га воды (6–15 мл на 10 л). Листовая подкормка микро-и макроудобрениями + 0,1–0,25% липосам на 200–300 л/га воды (10–25 мл на 10 л).	Оптимальная концентрация для развития и питания без риска переудобрения.	Обработку семян, клубней картофеля, луковиц и замачивание корней рассады (саженцев) проводить в тени, избегая действия солнечных лучей, опрыскивание растений — в пасмурную погоду, утром или вечером.

№	Наименование	Общее описание	Ключевые свойства	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Рекомендуемые для внесения пропорции или рецептура сложного состава с применением образца	Обоснование выбора рецептур и пропорций	Примечание
2.	Жидкое удобрение	<p>Жидкость от кремового до коричневого цвета со слабым специфическим запахом.</p> <p>Живые клетки и споры бактерий <i>Bacillus subtilis</i> (фунгицидные бактерии-антагонисты для патогенных грибов и бактерий); азотфиксирующие и фосфор- и калий-мобилизирующие бактерии (<i>Azotobacter</i> и <i>Paenibacillus (Bacillus) polymyxa</i>); молочнокислые бактерии <i>Enterococcus</i>, <i>Lactobacillus</i>, вырабатывающие витамины, аминокислоты, молочную кислоту; фитогормоны, витамины, аминокислоты, макро- и микроэлементы.</p> <p>Общий титр <math>1 \times 10^9</math> КОЕ/см<sup>3</sup>.</p>	<p>Ускорение появления однородных всходов, повышение энергии прорастания семян. Защищает растения от широкого спектра возбудителей болезней, без эффекта привыкания. Улучшает приживаемости рассады и саженцев. Повышает устойчивость к воздействию негативных природных факторов и пестицидов.</p> <p>Обеспечивает сбалансированное питание растений микро- и макроэлементами, обеспечение фитогормонами, витаминами. Улучшает развитие и ускоряет сроки созревания. Повышает урожайность на 10–30% с улучшением вкусовых качеств плодов. Уменьшает расходов минеральных удобрений, пестицидов и микроэлементов на 15–30%. Повышает плодородие почвы.</p>	Усиливает усвоение питательных веществ, повышает устойчивость растений к стрессам.	<p>Рабочий раствор препарата использовать в день приготовления;</p> <p>обработку семян проводить вне прямых солнечных лучей (в тени);</p> <p>подкормку проводить в утреннее или вечернее время, в пасмурную и безветренную погоду;</p> <p>обработку растений можно проводить во время цветения и плодоношения.</p>	<p>Применять в период активного роста в количестве 2–3 мл на 1 л воды, еженедельный полив 15 мл/3–5 л воды.</p> <p>Обмакивание или опрыскивание 15–30 мл/10 л воды</p> <p>Расход рабочего раствора: опрыскивание: 1–1,5 л/10 м<sup>2</sup> и/или полив: 4–10 л/м<sup>2</sup> 3–6 раз с интервалом 7–15 дней.</p>	Регулярное внесение стимулирует активность микроорганизмов.	<p>Перед применением взбалтывать.</p> <p>Раствор для обработки рассады и подкормки растений использовать в день приготовления.</p> <p>Обработку семян проводить в тени, избегая попадания прямых солнечных лучей. Подкормку проводить в утреннее (вечернее) время, в пасмурную, безветренную погоду. Обработать растения можно и во время цветения, плодоношения.</p>



№	Наименование	Общее описание	Ключевые свойства	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Рекомендуемые для внесения пропорции или рецептура сложного состава с применением образца	Обоснование выбора рецептур и пропорций	Примечание
3	Оздоровитель почвы	Жидкость от кремового до коричневого цвета со слабым специфическим запахом. Общее число жизнеспособных эффективных микроорганизмов $(0,1 - 1,0) \times 10^9$ КОЕ/см <sup>3</sup> . В составе: азотфиксирующие почвенные бактерии <i>Azotobacter</i> ; рриродные эндофитные и почвенные азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии <i>Paenibacillus (Bacillus) polymyxa</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> (фунгицидные бактерии, которые продуцируют ферменты для деградации сложных органических соединений почвы и преобразования их в доступные для растений формы); прочая полезная микрофлора (молочнокислые бактерии, продуценты целлюлаз и других ферментов); фитогормоны, витамины, аминокислоты, макро- и микроэлементы.	Подавляет развитие возбудителей грибных и бактериальных болезней; ускоряет разложение растительных остатков; повышает содержание азота в почве; оздоравливает и обогащает почву питательными и биологически активными веществами (витаминами, аминокислотами), макро- и микроэлементами; ускоряет процесс образования гумуса.	Нейтрализует токсичные для микроорганизмов вещества, стимулирует рост полезной микрофлоры.	Использовать для обеззараживания, оздоровлении и нейтрализации токсинов в почве.	Оздоровление почвы весной и летом (опрыскивание или полив): 10–15 мл/5 л воды в открытом грунте, 20 мл/5 л воды в закрытом грунте. Оздоровление почвы и разложение растительных остатков осенью: 10–20 мл/ 5 л воды.	Эффективное очищение без перенасыщения минералами.	Перед применением взбалтывать. Препарат относится к 4 классу опасности (малоопасное вещество), отвечает санитарно-гигиеническим нормам, не загрязняет окружающую среду. Нетоксичен для людей, животных и насекомых. При использовании рекомендовано соблюдать общие требования безопасности (в т. ч. применение средств индивидуальной защиты). Препарат работает в условиях дефицита влаги и сохраняет стабильность в широком диапазоне температур.

№	Наименование	Общее описание	Ключевые свойства	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Рекомендуемые для внесения пропорции или рецептура сложного состава с применением образца	Обоснование выбора рецептур и пропорций	Примечание
4	Биозащита от болезней.	<p>Жидкость от кремового до коричневого цвета со слабым специфическим запахом. Живые клетки и споры бактерии <i>Bacillus subtilis</i> в количестве <math>(0,1 - 1,0) \times 10^9</math>, прочие полезные бактерии, их активные метаболиты: фунгицидные вещества, ферменты, витамины, фитогормоны.</p> <p>Имеет антимикробные и ростстимулирующие свойства, которые базируются на способности микроорганизмов <i>Bacillus subtilis</i> активно заселять все ткани растений, противодействуя проникновению возбудителей болезней в растение, продуцировать антимикробные вещества и метаболиты, которые принимают участие в превращении сложных органических и минеральных веществ почвы в доступные для растений формы: гумус, фосфор, азот и т. д.</p>	<p>Угнетает развитие болезней: парши, фитофтороза, пятнистостей, мучнистой росы, ржавчинных болезней, фузариоза, септориоза и др;</p> <p>обеспечивает дополнительное питание и стимулирует рост растений;</p> <p>возобновляет плодородие почвы, заселяя ее полезной микрофлорой и питательными веществами.</p>	Улучшает состояние общее состояние и иммунитет растения.	<p>Предпосевная обработка семян овощных культур, клубней, луковиц;</p> <p>обработка рассады и саженцев;</p> <p>корневые и внекорневые подкормки.</p>	5 мл на 1 л воды, опрыскивание листьев каждые 2 недели.	Регулярность поддерживает защитный барьер растения.	<p>Перед применением взбалтывать.</p> <p>Раствор для обработки рассады и подкормки растений использовать в день приготовления.</p> <p>Обработку семян проводить в тени, избегая попадания прямых солнечных лучей.</p> <p>Подкормку проводить в утреннее (вечернее) время, в пасмурную, безветренную погоду.</p> <p>Обрабатывать растения можно и во время цветения, плодоношения.</p>

№	Наименование	Общее описание	Ключевые свойства	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Рекомендуемые для внесения пропорции или рецептура сложного состава с применением образца	Обоснование выбора рецептур и пропорций	Примечание
5	Гетероауксин	Препаративная форма: водорастворимый порошок белого цвета (д. в. 1 Н-индолил-3-этановой кислоты 50 г/кг).	Способствует укоренению черенков и саженцев плодовых, ягодных, декоративных, рассады овощных и цветочных культур. Обеспечивает лучшую приживаемость растений при черенковании, посадке саженцев, пересадке деревьев и кустарников. Ускоряет рост новых корней, способствует развитию мощной корневой системы.	Стимулирует развитие корневой системы растения. В больших дозах токсичен.	Использовать при посадке, пересадке или укоренении черенков.	0,1–0,2 г на 10 л воды (замачивание корней на 1–2 ч или полив).	Эффективность в малых концентрациях, безопасность при соблюдении дозировки.	Возможно причинение вреда здоровью при вдыхании или проглатывании. При приготовлении рабочего раствора и применении использовать средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, халат). При вдыхании обеспечить доступ свежего воздуха. Обратиться к врачу, если возникли трудности с дыханием. При попадании на кожу промыть ее водой с мылом. При попадании в глаза обильно промыть их водой. При себе иметь тарную этикетку. Избегать передозировки.

Таблица 4.3.7. Спецификация элементов оснащения и оборудования с обозначением функционала и разбивкой на подсистемы

№	Наименование	Общее описание	Функциональное значение	Ключевые характеристики (в общем виде, для класса оборудования)	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора применяемого оборудования
1	Магнитная мешалка	Лабораторный прибор, предназначенный для перемешивания жидкостей с помощью магнитного поля.	Функциональное назначение заключается в способности эффективно перемешивать жидкости, что важно для различных процессов в лаборатории и производстве.	Мощность и скорость: возможность регулировки скорости вращения для достижения необходимого эффекта перемешивания. Объем: различные модели способны работать с различными объемами жидкости от малых пробирок до больших сосудов. Температурный режим: наличие функции нагрева для поддержания требуемой температуры жидкости. Материал корпуса: устойчивость к химическим воздействиям, легкость в чистке и обслуживании. Безопасность: отсутствие движущихся частей, что снижает риск травмирования пользователя.	Не оказывает прямого влияния на живые организмы, так как она используется для перемешивания жидкостей, а не для работы с живыми организмами.	После каждого использования тщательно очищать рабочую поверхность мешалки и корпус. Следует использовать специальные контейнеры определенных размеров, соответствующие рекомендациям производителей. Магнитный стержень должен быть чистым и неповрежденным. Важно не превышать рекомендованную скорость вращения и время работы мешалки и не допускать перегрева. Если мешалка оснащена функцией подогрева, нужно следить за тем, чтобы не превышать максимальные температурные режимы. Следует хранить в безопасных условиях. Устройство чувствительно к влажности, пыли и агрессивным средам. Раз в несколько месяцев рекомендуется проводить профилактический осмотр: проверять крепления, кабели и механизмы на наличие износа или повреждений.	Подходит для равномерного смешивания разных сред, приготовления растворов, эмульсий и суспензий. Позволяет смешивать среды в закрытых емкостях, что исключает попадание воздуха в жидкость или вдыхание опасных газов во время опыта. Устройство универсально, имеет малый вес, несложно в эксплуатации; конструкция проста, не требует обслуживания и не подвержено быстрому механическому износу.

№	Наименование	Общее описание	Функциональное значение	Ключевые характеристики (в общем виде, для класса оборудования)	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора применяемого оборудования
2	Фитолампа	Специальный тип лампы, предназначенный для обеспечения растений светом, необходимым для фотосинтеза. Основная задача — излучать свет с определенными длинами волн, которые стимулируют рост и развитие растений	Функциональное назначение заключается в создании благоприятного климата для развития растений при искусственном освещении.	Спектр излучения: красный свет (620–660 нм) отвечает за цветение и плодоношение, синий (440–460 нм) важен для роста и формирования листьев (лампы, сочетающие два спектра, называют биколорными). Мощность: для освещения небольшой группы растений достаточно светодиодных ламп мощностью 30–50 Вт: для более крупных растений или их большого количества требуется большая мощность. Форма и тип установки: существуют лампы в виде отдельных светодиодов, панелей, линеек или прожекторов — выбор зависит от площади освещения и условий выращивания. Расстояние до растений: как правило, 20–40 см (если лампа слишком близко, она может перегреть листья, а если далеко — свет будет рассеиваться). Время освещения: растения требуют свет 12–16 ч в день в зависимости от вида и стадии роста. Интенсивность света: для каждого растения нужна разная интенсивность света, и фитолампы позволяют регулировать этот параметр.	Для растений фитолампы полезны, так как позволяют продлить длительность светового дня и обеспечить дополнительное освещение, особенно в периоды, когда естественного света недостаточно. На человека интенсивное искусственное освещение, в том числе от фитоламп, может оказывать негативное влияние.	Соблюдать рекомендации производителя относительно высоты размещения светильников над растениями и площади освещаемой поверхности. Не использовать фитолампу круглосуточно, т. к. растениям нужен темный период покоя. Для начала включать прибор на 2–3 ч в день, постепенно увеличивая время подачи света до 12 ч. Размещать так, чтобы свет падал сверху, тогда растения будут расти вверх и не отклоняться к источнику света. Следить за тем, чтобы капли влаги при поливе не попадали на светильник. При использовании в условиях высокой влажности убедиться, что фитолампа имеет степень влагозащиты IP44 или выше. При установке учитывать, что лампа может выделять значительное количество тепла, особенно при высокой мощности. Располагать на достаточном расстоянии от растений или установить дополнительные системы обдува для отвода тепла.	Помогает вырастить здоровые растения даже при полном отсутствии солнечного света. Стимуляция роста и развития. Потребляет мало электроэнергии по сравнению с лампами накаливания.

№	Наименование	Общее описание	Функциональное значение	Ключевые характеристики (в общем виде, для класса оборудования)	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора применяемого оборудования
3	Светодиодный светильник Uniel	Представляет собой современное осветительное оборудование, использующее светодиоды (LED) в качестве источника света. Отличаются высокой эффективностью, долговечностью и низким потреблением электроэнергии.	Служит для обеспечения освещения в различных средах — от жилых помещений до промышленных зданий. Применение способствует экономии электроэнергии и снижению затрат на освещение.	<p>Энергоэффективность: значительно ниже потребление энергии по сравнению с традиционными лампами (например, лампами накаливания).</p> <p>Долговечность: срок службы может достигать 25 000–50 000 ч.</p> <p>Световой поток: высокая яркость и возможность регулировки цвета и температуры света.</p> <p>Экологичность: отсутствие ртути и других вредных материалов делает лампы безопасными для окружающей среды.</p> <p>Мгновенное зажигание: светодиоды мгновенно достигают полной яркости, без времени разогрева.</p>	<p>Может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на живые организмы. Правильно подобранные спектры света способствуют улучшению роста растений и благоприятно влияют на самочувствие человека. Чрезмерное использование ярких светодиодов с короткими длинами волн (синий свет) может приводить к нагрузке на глаза и нарушению циркадных ритмов.</p>	<p>Выбор правильного спектра: для обеспечения здоровья человека и растений.</p> <p>Регулировка освещенности: использование диммеров для контроля яркости.</p> <p>Соблюдение расстояния: размещение ламп на оптимальном расстоянии от объектов освещения.</p> <p>Планирование использования: создание расписания включения и выключения для снижения воздействия на организм.</p>	<p>Отличается эффективностью, долговечностью и экологичностью. Является хорошей альтернативой традиционным источникам света, обеспечивая значительную экономию энергии и средств на освещение, а также положительное воздействие на окружающую среду.</p>

№	Наименование	Общее описание	Функциональное значение	Ключевые характеристики (в общем виде, для класса оборудования)	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора применяемого оборудования
4	Электроподогревательный коврик для рассады	Предназначен для создания оптимальной температуры почвы и корневой зоны растений. Представляет собой гибкий коврик, который можно разместить под горшками с растениями и подключить к электросети.	Назначение — поддержание стабильной температуры почвы, что способствует лучшему росту и развитию рассады (особенно важно в условиях низких температур или при выращивании растений в закрытых помещениях).	Регулировка температуры: возможность установки желаемой температуры для различных типов растений. Энергоэффективность: экономичное потребление электроэнергии. Гибкость и мобильность: легко транспортировать, можно укладывать в любом месте. Устойчивость к влаге: защита от воздействий воды и почвы, что увеличивает срок службы устройства. Безопасность: наличие автоотключения при перегреве для предотвращения возможных аварий.	Подогрев почвы способствует ускорению прорастания семян, улучшает усвоение питательных веществ растениями и снижает риск заболеваний корней. При слишком высокой температуре или неправильной настройке возможно негативное воздействие: ожоги корней или задержка в росте.	Контроль температуры: регулярно проверять заданную и фактическую температуру для обеспечения оптимальных условий. Использование с таймером: применять таймеры для автоматизации процесса включения и выключения коврика. Правильное размещение: избегать использования на поверхностях, чувствительных к теплу, и обеспечивать достаточную вентиляцию. Подбор культур: учитывать особенности конкретных растений и их требования к температуре.	Эффективно стимулирует рост рассады и улучшает общее состояние растений. Позволяет создать идеальные условия для прорастания и развития культур, что особенно актуально в условиях ограниченного пространства и низкой температуры. Комфортная температура способствует более здоровым растениям и повышает урожайность.

№	Наименование	Общее описание	Функциональное значение	Ключевые характеристики (в общем виде, для класса оборудования)	Влияние на живые организмы	Рекомендации по дальнейшему использованию образца	Обоснование выбора применяемого оборудования
5.	Розеточный таймер	Предназначен для автоматизации включения и выключения электрических приборов (лампы, обогреватели, электроподогревательные коврики). Устанавливается между электроприбором и источником питания, позволяя программировать время работы оборудования.	Назначение — создание регулярного светового и температурного режима для растений. Обеспечивает автоматизацию процессов, что особенно важно для поддержки роста и развития растений в условиях ограниченного дневного света или изменяющейся температуры.	Программируемость: возможность настройки нескольких режимов работы (например, ежедневно или по дням недели). Удобство использования: простота в настройке и эксплуатации. Энергоэффективность: снижение потребления электроэнергии за счет автоматического отключения оборудования. Подходит для различных типов электрических приборов. Безопасность: наличие защитных функций, таких как защита от перегрева и короткого замыкания.	Правильное использование способствует созданию стабильного режима освещения и температуры, что улучшает фотосинтез и рост растений. Неправильная настройка может привести к стрессу у растений из-за недостатка света или резких перепадов температуры.	Тщательная настройка: уделить внимание настройке расписания работы таймера в зависимости от потребностей конкретных растений. Регулярная проверка: периодически проверять настройки таймера для устранения возможных неисправностей. Комбинирование с другими приборами: использовать в комбинации с ростовыми лампами или обогревателями для оптимизации условий. Обеспечение безопасности: следить за состоянием электрических проводов и подключаемых приборов.	Автоматизирует процессы ухода за растениями, создавая стабильные условия для их роста. Это особенно важно для тех, кто работает с требовательными культурами или ведет садоводство в условиях ограниченного естественного света. Позволяет сократить время на уход за растениями и повысить их продуктивность, что делает его незаменимым инструментом для любителей и профессионалов садоводства.



### День 3. Материалы к сдаче: решения задач №№ 1, 2, 3, 4.

Для успешного решения задания участники должны были разобраться с предложенным оборудованием и собрать по инструкции лабораторный инженерно-биологический конструктор для выращивания микрозелени с применением систем автоматизации.

Входными и профильными предметами для участников являются химия и биология. Инженерные задачи и задачи на программирование, сопутствующие деятельности современного специалиста и часто дополняющие ее, вызывают больше всего трудностей. Поэтому на очном этапе они даются в декомпозированном формате и с возможностью живого общения с экспертами. Это позволяет получить необходимый образовательный и общеразвивающий результат в области инженерных компетенций.

Так, для решения задач №№ 1, 2 необходимо:

1. собрать модульную конструкцию из нескольких деталей;
2. смонтировать системы полива и освещения;
3. собрать систему автоматизации по существующей схеме, пользуясь инструкцией и деталями комплекта.

Таблица 4.3.8. Критерии оценивания задач №№ 1, 2

Критерий	Количество баллов
Конструкция системы собрана верно	1
Схема подключения выполнена верно	1
Команда может объяснить принятые конструктивные решения по сборке	1
Команда может объяснить порядок сборки и работы с элементами оборудования	1
Система водоснабжения и полива размещена корректно и безопасно (без угрозы электробезопасности)	1
Проведено тестирование системы полива	1
Проведено тестирование системы освещения	1
Проведено тестирование и сбор данных с датчика влажности	1
Команда может объяснить логику кода	1
Сдан фотоотчет и оформлена документация, подтверждающая выполнение задания	1

### Пример решения задачи №№ 1, 2

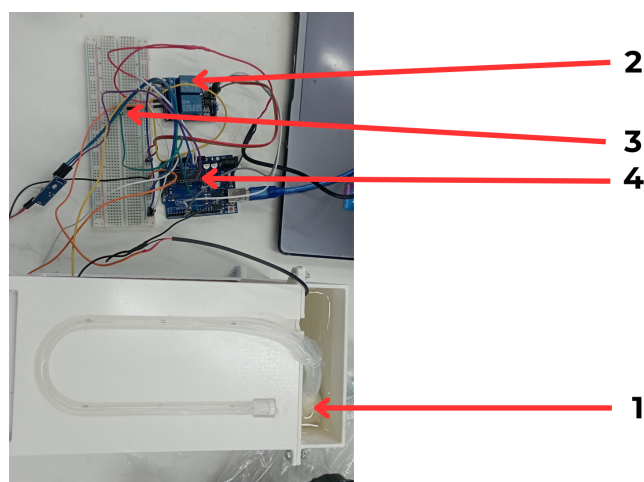


Рис. 4.3.2

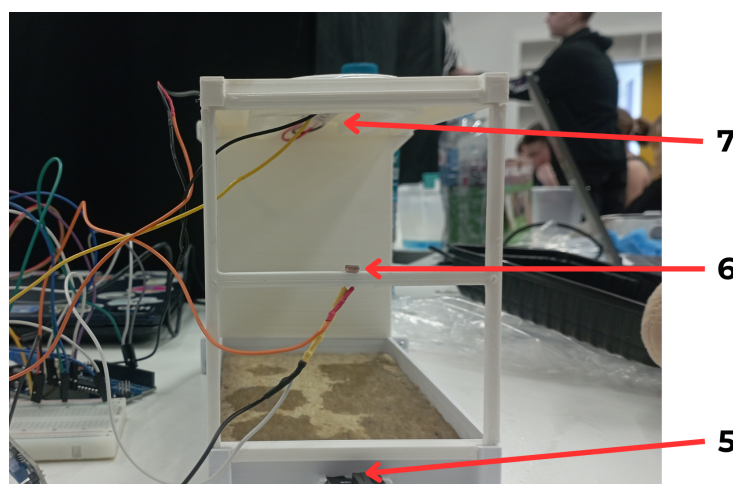


Рис. 4.3.3

- 1 — насос; осуществляет забор и перекачку воды;
- 2 — реле; при подаче высокого (низкого) сигнала на соответствующий порт управления осуществляет выключение (включение) насоса или светодиодной ленты;
- 3 — тактовая кнопка; дополнительный элемент управления насосом, включает насос при нажатии;
- 4 — плата Arduino Uno — главный управляющий элемент системы; осуществляет прием и обработку показаний датчика влажности почвы и фоторезистора, подает управляющие сигналы на реле для включения/выключения насоса или светодиодной ленты;
- 5 — датчик влажности почвы; служит для измерения уровня влажности почвы и передачу данных на плату управления;
- 6 — фоторезистор; применяется для измерения уровня влажности почвы, освещенности и передачу данных на плату управления;
- 7 — светодиодная лента; используется для освещения.

## Код с дополнением для задачи № 2

C++

```

1  #define inner_photo_pin A1
2  #define soil_pin A2
3  #define light_pin 5
4  #define pump_pin 6
5  #define button_pin 7
6  bool light_mode = 0;
7  bool pump_mode = 0;
8  bool fl = 0;
9  unsigned long t = 0;
10 void setup() {
11     Serial.begin(9600);
12     pinMode(light_pin, OUTPUT);
13     pinMode(pump_pin, OUTPUT);
14     pinMode(button_pin, INPUT);
15     digitalWrite(light_pin, HIGH);
16     digitalWrite(pump_pin, HIGH);
17 }
18 void loop() {
19     float inner_light = analogRead(inner_photo_pin);
20     Serial.print("Освещенность: ");
21     Serial.print(round(inner_light / 1024 * 100));
22     float soil = analogRead(soil_pin);
23     Serial.print("% | Влажность субстрата: ");
24     Serial.print(abs(round((soil - 1023) / 1024 * 140)));
25     Serial.println("%");
26     if (inner_light <= 832 && light_mode == 0) {
27         digitalWrite(light_pin, LOW);
28         light_mode = 1;
29         Serial.println("Освещение включено");
30     } else if (inner_light > 833 && light_mode == 1) {
31         digitalWrite(light_pin, HIGH);
32         light_mode = 0;
33         Serial.println("Освещение отключено");
34     }
35     if (digitalRead(button_pin) == 1 && pump_mode == 0) {
36         digitalWrite(pump_pin, LOW);
37         pump_mode = 1;
38         Serial.println("Идет полив");
39         delay(200);
40     } else if (digitalRead(button_pin) == 0 && pump_mode == 1) {
41         digitalWrite(pump_pin, HIGH);
42         pump_mode = 0;
43         Serial.println("Полив прекращен");
44         delay(200);
45     }
46     if (abs(round((soil - 1023) / 1024 * 140)) < 66 && millis() - t >
47         ↪ 120000) {
48         if (fl == 0 || (fl == 1 && abs(round((soil - 1023) / 1024 * 140))
49             ↪ < 66)) {
50             fl = 1;
51             Serial.println("Идет полив");
52             digitalWrite(pump_pin, LOW);
53             delay(5000);
54             digitalWrite(pump_pin, HIGH);
55             Serial.println("Полив прекращен");
56             t = millis();
57         }
58     }
59 }

```

```

56     }
57     delay(500);
58 }

```

Данная система может быть масштабирована для выращивания микрозелени на агровате в гроубоксе при соблюдении нескольких условий:

- Замена светодиодных лент на фитолампы.
- Отказ от использования фоторезисторов (любых датчиков освещенности). Все растения будут освещаться равно за счет постоянного освещения в соответствии со световым режимом, следовательно, нет необходимости отслеживать уровень освещенности.
- Улучшение системы разбрызгивания. В представленном прототипе реализован капельный полив, однако в промышленных масштабах лучше использовать разбрызгиватель, так влага будет более равномерно распределяться

### **Критерии оценивания задачи № 3**

Задача № 3 посвящена компетенциями биолога и химика, а также затрагивает тематики применения прикладных навыков ведения лабораторных работ при анализе нестандартных по свойствам и составу проб. Данные элементы характерны для научной и научно-исследовательской деятельности и особенно важны в сфере прикладной биотехнологии и инженерной экологии, а также в смежных сферах.

Основные критерии оценивания связаны с навыками планирования эксперимента, проработки порядка действий при первичном анализе проб, постановке биологического эксперимента и экспериментов по биотестированию (далее, как части решения финальной задачи).

Таблица 4.3.9. Критерии оценивания задачи № 3

Критерий	Количество баллов
Присутствует гипотеза о происхождении каждой из проб	1
Присутствует описание каждого сорбента и ПАВ	1
Проведен эксперимент по экспресс-удалению.	1
На снимках представлены все предложенные для анализа пробы (не менее трех). Фотографии подписаны в соответствии с указанным шаблоном	1
Присутствуют фото сорбентов до и после процесса. Фотографии подписаны в соответствии с указанным шаблоном	1

### **Пример решения задачи 3**

#### **Описание проб**

Проба 1 — это жидкость голубого цвета с белыми удлиненными гранулами на дне и загрязнением на поверхности. Предположительно это вода с разведенным

средством для стирки, так как имеет рН примерно 7,7 (что немного выше, чем у воды), специфический запах, неестественный для воды цвет и хорошо пенится. Вещество-загрязнитель было отобрано пипеткой и имеет светло-желтый цвет и плотность меньше, чем у воды и специфический запах, что характерно для машинного масла.



Рис. 4.3.4



Рис. 4.3.5

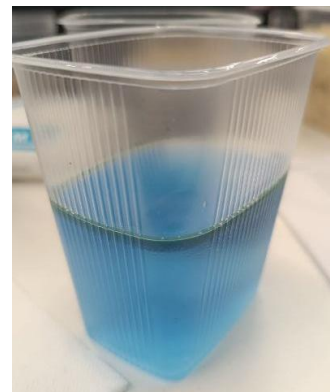


Рис. 4.3.6

Проба 2 — это вода с небольшим количеством почвы и веществом загрязнителем, рН — 7. Загрязнитель имеет белый однородный цвет, плотность меньше плотности воды, кремовую текстуру и приятный запах, характерный для уходовой косметики. Вещество-загрязнитель — крем для рук.



Рис. 4.3.7



Рис. 4.3.8

Проба 3 — торфяной грунт с большим содержанием небольших корешков, видимых только под микроскопом, с загрязнителем, рН почвенной вытяжки — 8. Загрязнитель в почве был установлен визуально, небольшое количество пробы залили водой, после загрязнитель-масло остался небольшими каплями на поверхности воды.





Рис. 4.3.9



Рис. 4.3.10

### Гипотеза

Машинное масло могло оказаться в растворе для стирки (проба 1) через попадание на одежду машинного масла, или масло лежало в кармане одежды и его забыли достать перед стиркой. В пробу 2 крем для рук мог попасть с рук человека или с выброшенного тюбика с остатками крема на стенках. В пробу 3 масло могло попасть с еды (например, пикник, прогулка) или с выброшенной упаковки.

Этапы работы с комплектом для анализа — тест-системой «Агрохимик»:

1. Пробы 1 и 2 предварительно очистить от загрязнителей.
2. Подготовить почвенную вытяжку: развести 2 столовые ложки почвы в 200 мл воды, взболтать и дать отстояться 15 мин.
3. Почвенную вытяжку отделить от почвы через фильтровальную бумагу.
4. Полученную вытяжку разделить на 2 равные части.
5. В пробы 1, 2 и 1 часть почвенной вытяжки добавить 5 капель индикатора.

Сравнить цвет растворов с цветовой шкалой, определить рН и внести данные документ (значения рН указаны в описании проб).

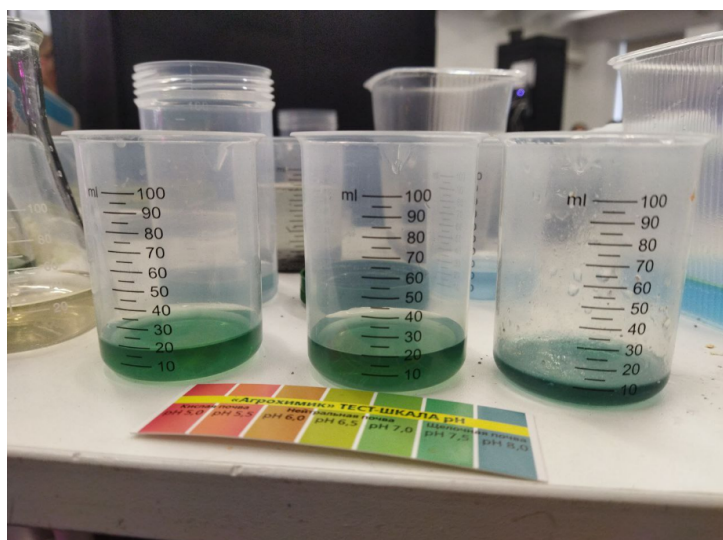


Рис. 4.3.11

### Описание сорбентов и ПАВов (поверхностно-активных веществ)

Сорбент 1 — древесные опилки. Сорбционная емкость опилок как сорбента составляет 5 г/г, они имеют большую площадь поверхности, низкую плотность и подходят для первичной очистки воды и почв от загрязнения нефтью и маслами.



Рис. 4.3.12



Рис. 4.3.13

Сорбент 2 — сорбент «Бионика». Минерально-целлюлозный сорбент в виде гранул 0,1–0,3 мм светло-серого цвета, имеет низкую плотность. Используется для удаления загрязнений нефтепродуктами, маслами и жирами.

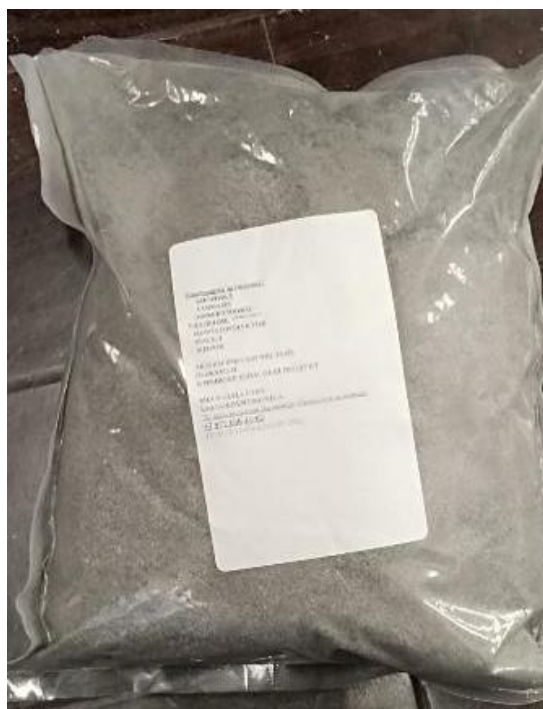


Рис. 4.3.14

Сорбент 3 — марля. Представляет собой тонкую хлопчатобумажную ткань из редко сплетенных нитей. Подходит для предварительной грубой очистки при многослойной фильтрации.

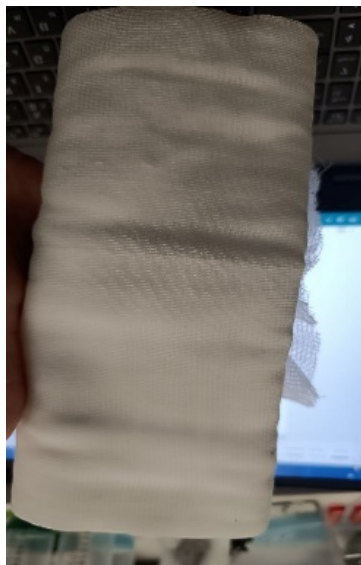


Рис. 4.3.15



Рис. 4.3.16

ПАВ 4 — хозяйственное мыло. На ощупь напоминает воск, имеет бледно-бежевый цвет, плотную структуру, мылится при добавлении воды. Может быть использовано в качестве поверхностно-активного вещества для удаления пленок веществ-загрязнителей с поверхности воды или почвы с помощью пены.



Рис. 4.3.17

### Описание эксперимента

Порядок работы:

1. Просмотреть сорбенты до внесения в пробы путем микрокопирования.
2. Разделить на три части пробы 1 и 2.
3. Внести в 1 и 2 пробы по 10 мл опилок и сорбента «Бионика» на 30 мл пробы и оставить на 30 мин.



4. Аккуратно слить пробы в другие емкости, сорбент промикроскопировать после того, как в стаканах он осядет на дно.
5. Аккуратно через марлю слить пробы с добавлением опилок (для минимизации влияния другого сорбента использовать только два слоя, чтобы задержать опилки), сорбент промикроскопировать.
6. Использовать марлю для фильтрации проб, растворы пропустить через марлю, сложенную в 32 слоя.
7. Промикроскопировать окончательный результат.



Рис. 4.3.18. Отобрано до эксперимента



Рис. 4.3.19. Сорбент опилки. Отобран до эксперимента



Рис. 4.3.20. Сорбент «Бионика». Отобран до эксперимента



Рис. 4.3.21. Сорбент марля. Отобран до эксперимента



Рис. 4.3.22. Проба 1. Сорбент опилки. Отобран во время эксперимента





Рис. 4.3.23. Проба 1. Сорбент марля. Отобран во время эксперимента



Рис. 4.3.24. Проба 1. Сорбент «Бионика» во время эксперимента



Рис. 4.3.25. Проба 2. Сорбент опилки во время эксперимента



Рис. 4.3.26. Проба 2. Сорбент марля во время эксперимента



Рис. 4.3.27. Проба 2. Сорбент «Бионика» во время эксперимента

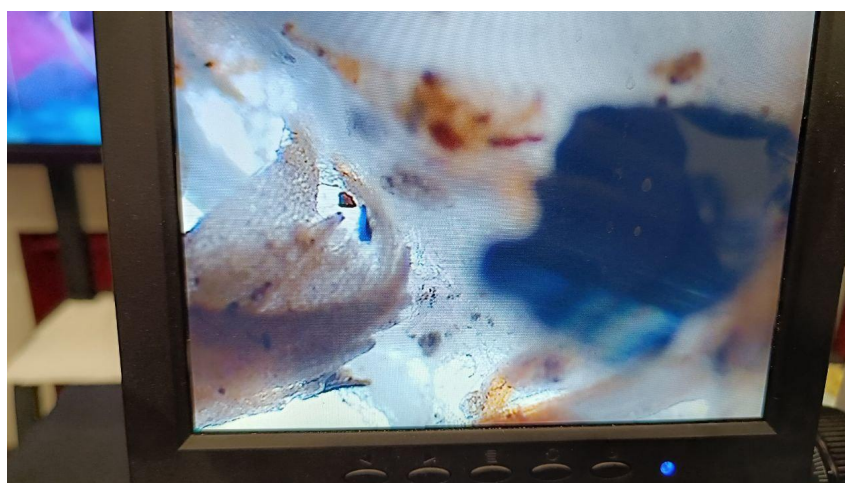


Рис. 4.3.28. Сорбент опилки после эксперимента



Рис. 4.3.29. Сорбент марля после эксперимента

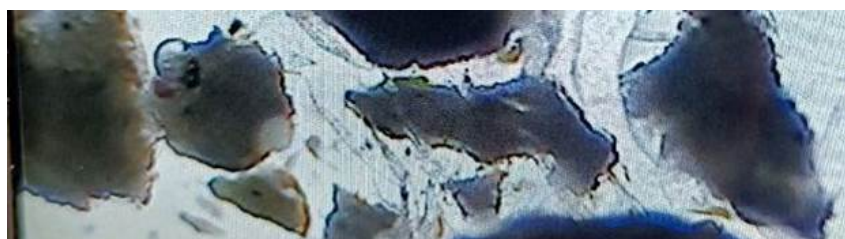


Рис. 4.3.30. Сорбент «Бионика» после эксперимента

Примечание: почва из пробы 3 в данном эксперименте не используется, так как сорбенты сложно отделить от грунта.

Выводы:

1. Опилки отлично справились с очисткой от крема для рук; с загрязнением в виде масла — намного хуже.
2. Сорбент «Бионика» оказался неэффективен в обоих случаях.
3. Марля — лучший сорбент для первого этапа очистки, подходит как для очистки от крупных хлопьев — крема, так и для очистки мелких фракций.

#### **Критерии оценивания задачи № 4**

Задача № 4 посвящена компетенциям, связанным с ситифермерством и общим пониманием образа экономической и бизнес-эффективности проводимых процессов выращивания. Важный акцент сделан на стыке научных технологий и их упрощения с целью быстрого извлечения выгоды.

Основные данные для расчета предложены в тексте задачи, однако она имеет открытое решение и вариативность выбора относительно количества микроклонов или рассады, производимой в рамках предложенного стартапа.

Таблица 4.3.10. Критерии оценивания задачи № 4

Критерий	Количество баллов
Проведен расчет приведенных затрат с пояснениями	1

Критерий	Количество баллов
Рассчитано предполагаемое количество годового урожая и потенциальная прибыль с продажи полученного в течение года урожая или рассады на продажу	1
Приведен анализ рисков и решений «Семена»	1
Предложены меры для предотвращения рисков	1
Предложена схема развития агробизнеса	1

### Пример решения задачи № 4

Пример решения, предложенного командой-финалистом.

#### 1. Расчет приведенных затрат.

Размещение в гроубоксах:

- $S_{\text{полки}} = 40 \cdot 60 = 2400 \text{ см}^2 = 0,24 \text{ м}^2$ ;
- $S_{\text{основания емкости}} = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ см}^2 = 0,0007 \text{ м}^2$ .

Количество микроклонов на полке =  $0,24 : 0,0007 = 342$  микроклонов.

Теплица: площадь купольной теплицы равна  $6 \text{ м}^2$ , каждый гроубокс занимает площадь  $0,24 \text{ м}^2$ .

Количество гроубоксов в одной теплице:  $6 : 0,24 = 25$  гроубоксов.

Количество микроклонов, выращиваемых в год:

- $360 : 90 = 4$  цикла в год;
- $342 \cdot 25 \cdot 4 = 34\,200$  микроклонов;

54 000 руб. — стоимость теплицы.

Затраты на оборудование:

- $55\,000 \cdot 25 = 1\,375\,000$  руб. за гроубоксы;
- $35 \cdot 34\,200 = 1\,197\,000$  руб. за микроклоны;
- $0,49 \cdot 0,49 \cdot 0,49 = 0,1176 \text{ м}^3$  — объем, занимаемый кадкой;
- $150 \cdot (0,1176 : 0,05) = 354$  руб. стоит грунт за один цикл;
- $354 \cdot 4 = 1\,416$  руб. за все циклы.

#### 2. Потенциальная прибыль:

- Цена продажи одного растения (саженца) — 100 руб.;
- $34\,200 \cdot 100 = 3\,420\,000$  руб. продаж;
- $3\,420\,000 - (1\,375\,000 + 1\,416 + 54\,000 + 1\,197\,000) = 792\,584$  руб. — потенциальная прибыль.

Потенциальная прибыль в плюсе, следовательно, через год Семен окупит стоимость своего бизнеса.

#### 3. Риски и неучтенные факторы:

- Выбор гроубоксов.



Семен считает, что гроубоксы, аналогичные тем, что расположены на полигоне, можно признать годными. Их одинаковость не гарантирует успешного выращивания, поскольку необходимо учитывать соответствие параметров (освещение, вентиляция и уровень влажности) с требованиями растений.

- Плотность посадки.

Размещение 48 растений на менее, чем 0,5 м<sup>2</sup> кадки может быть слишком плотным, так как растениям не будет хватать места и ресурсов.

- Транспортировка. Семен не учел затраты на транспортировку микроклонов, грунта и готовой продукции потребителям.

- Трудозатраты.

Семен не принял во внимание затраты на дополнительную рабочую силу (если он не собирается все делать в самостоятельно).

- Затраты на электроэнергию, воду и удобрения.

Семен не заложил в бизнес-плане расходы и затраты на электроэнергию, воду и удобрения.

- Сезонность. Семен не учел, что спрос на данную культуру как рассаду может быть сезонным, что частично может повлиять на продажи.

#### 4. Меры по предотвращению рисков:

- Детально проработанный бизнес-план: проанализировать рынок, определить целевую аудиторию, а также рассчитать себестоимость продукции.
- Тестовое выращивание: начать выращивать с небольшого количества растений, чтобы посмотреть, как будут себя вести растения в данных условиях и узнать, что стоит учесть при их посадке в следующий раз; при тестовом выращивании можно отработать технологию посадки и оценить реальные материальные затраты.
- Учет всех затрат: провести полный перерасчет всех затрат, включая электроэнергию, воду и стоимость удобрений.

#### 5. Эффективные системы для большего развития агробизнеса.

- Гидропоника.

Во-первых, это — экономия места, т. к. в гидропонных системах корни не должны раздвигаться, поскольку они напрямую получают воду и питательные вещества; во-вторых, в гидропонике растения развиваются на 30–50% быстрее из-за отсутствия химикатов и возможности контроля питательных веществ.

- Аквапоника.

В данном случае снижается расход воды, т. к. большая часть возвращается обратно в систему; кроме того, понижаются затраты на удобрения, поскольку растения получают отходы жизнедеятельности рыб и им не требуются дополнительные удобрения.

- Аэропоника.

Быстрый рост благодаря аэрации и стабильному запасу веществ; помимо этого, aeroponica позволяет экономить пространство, воду и средства.

- Вертикальные фермы.

Создание вертикальных ферм позволит более экономично использовать площадь.

### **Критерии оценивания для 3D-модели и пояснительной записки**

Основным результатом многих школьных проектов инженерного направления является модель задуманного устройства, реализующего процесс или технологию. В данной задаче проверяется навык проектирования с применением современных инструментов САПР, а также умение интерпретировать данные — представление модели в формате скриншотов, отражающих общий вид установки, ключевые детали и основной функционал устройства.

Для уточнения тех моментов, которые по разным причинам сложно детализировать, рекомендуется использовать изображения с подписями и пояснениями, а также оформить полученные материалы в формате технической документации.

Таблица 4.3.11. Критерии оценивания

<b>Критерий</b>	<b>Количество баллов</b>
Отдельно выделен общий вид, обозначены разрезы и/или дополнительные виды и сечения	1
Пояснительная записка отражает и конкретизирует визуальное представление	1
Модель пропорциональна и эргономично размещена в заданном каркасе	1
Размещение соответствует особенностям берега	1
Детали модели читаемы и подписаны	1
Ясно показано размещение биологических объектов	1
Присутствует система полива растений	1
Присутствует система освещения	1
Присутствует система автоматизации	1
Функционал системы соответствует заданию	1

Ниже приведены примеры решений некоторых команд.

### **Пример решения. Пояснительная записка**

Многофункциональный модуль условно можно поделить на две части: гроубокс и аквариум для выращивания микробиоты.



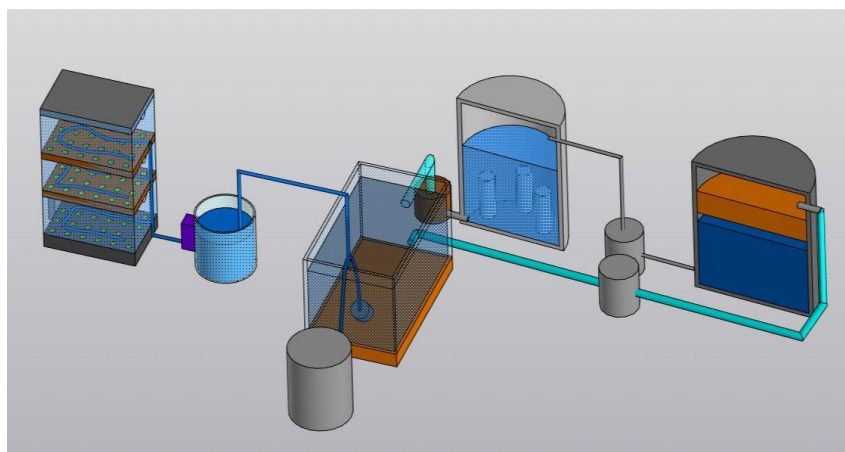


Рис. 4.3.31

Рассмотрим каждую из них подробнее.

1. Гроубокс включает в себя:

- резервуар для воды;
- насос для перемещения воды по трубам;
- многоуровневые грядки;
- LED-освещение.

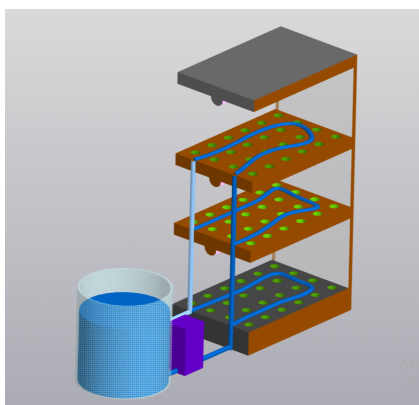


Рис. 4.3.32

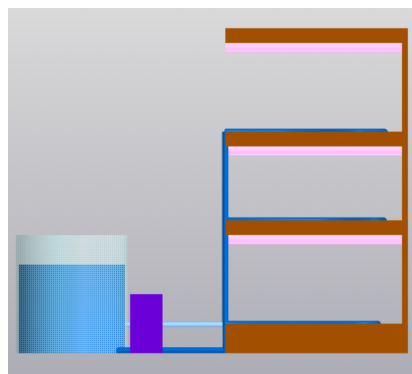


Рис. 4.3.33

Гроубокс — хорошее решение для выращивания сельскохозяйственных и лекарственных культур. Система полива — капельное орошение. По трубке из резервуара поступает вода, которая, благодаря насосу, поднимается на следующие уровни грядок.

Освещение осуществляется благодаря LED-лампам. Они работают по 15 ч в день, обеспечивая растения необходимым светом.

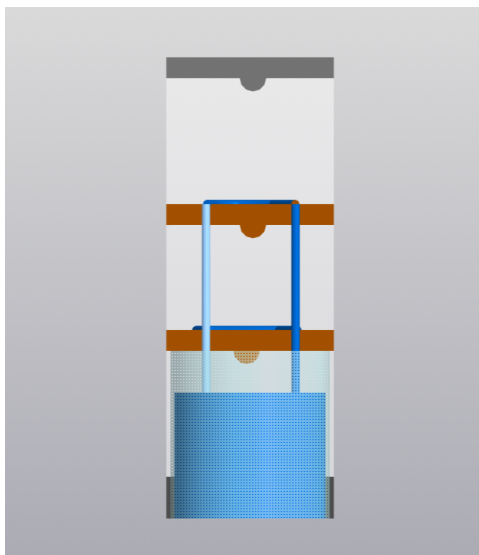


Рис. 4.3.34

2. Аквакультурная часть ситифермы включает:

- аквариум;
- насос;
- биофильтр;
- механический фильтр;
- аэратор;
- компрессор.

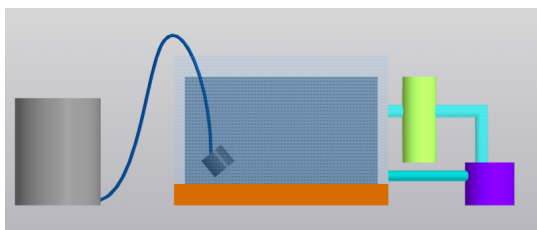


Рис. 4.3.35

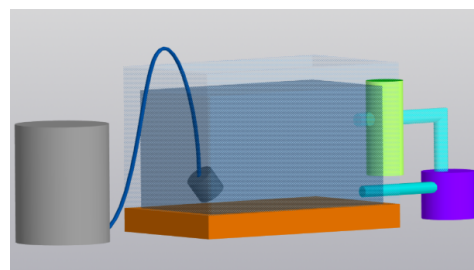


Рис. 4.3.36

Аэрация обеспечивает насыщение воды кислородом, что крайне важно для устриц и других морских организмов. Это имеет особое значение в замкнутых системах, где рыбы могут потреблять кислород интенсивно.

Механическая фильтрация: используются фильтры в насосе для предварительной и последующей фильтрации воды. Это позволяет удалять механические загрязнения и нечистоты. Системы аэрации и фильтрации поддерживают оптимальные условия для организмов, улучшая качество воды и состояние живых организмов.

3. Зона для очистки воды и почвы ярко не выражена, но выполняет необходимые функции. Здесь установлены два фильтра: механический и биологический. В механическом сверху заливается загрязненная вода, самотеком просачивается через фильтр, затем насос перегоняет ее в другой цилиндр — биофильтр,

внутри которого находятся фильтры с сорбентами, освобождающими воду от тяжелых металлов и нефтепродуктов (это помогает системе очищать воду в условиях аварийного загрязнения).

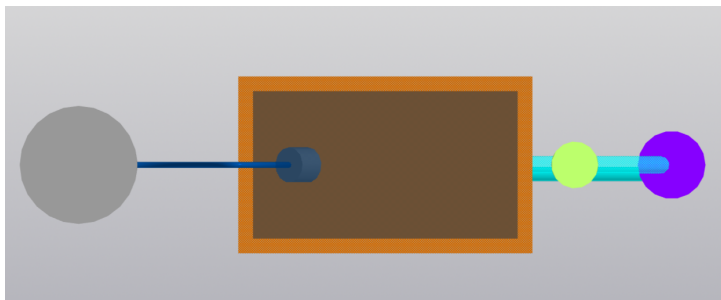


Рис. 4.3.37

Почва в гроубоксе очищается специальными растениями — фиторемедиаторами. Они способны поглощать такие вещества, как нефть. Пример — подсолнух, который имеет сильную корневую систему, поэтому активно вытягивает из почвы загрязненные вещества.

### ***Критерии оценивания плана серии экспериментов***

Планирование экспериментов при проведении комплексных исследований является одной из важнейших компетенций исследователя в любом научном направлении.

При решении инженерной задачи существует необходимость дублирования эксперимента в условиях загрязнения различных сред (воды, почвы, воды и почвы), а также организации нулевой контрольной группы для верной интерпретации экспериментальных данных далее.

Важное значение здесь имеет и акцент на постоянный контакт различных загрязненных сред как в условиях, максимально приближенных к реальным, так и в условиях, полностью созданных в лаборатории.

Таблица 4.3.12. Критерии оценивания

<b>Критерий</b>	<b>Количество баллов</b>
План серии экспериментов сформирован как единый документ, готовый к работе	0,5
Сформулирована гипотеза исследования	0,5
Проработаны задачи	0,5
Описаны ключевые измеряемые параметры	0,5
Описан эксперимент с корнеобразователем	0,5
Использован метод последовательных разведений	0,5
Исследовано загрязнение почвы	0,5
Исследовано загрязнение воды	0,5

Критерий	Количество баллов
Исследован вариант загрязнения и почвы и воды	0,5
Есть понятие ПДК и расчетные данные	0,5

Ниже приведены примеры решений некоторых команд.

### **Пример решения. План серии экспериментов**

#### **Схема эксперимента по определению влияний масел на редис**

Оборудование и материалы: семена редиса, грюбокс, УФ – лампа, масло льняное, масло машинное, гетероауксин.

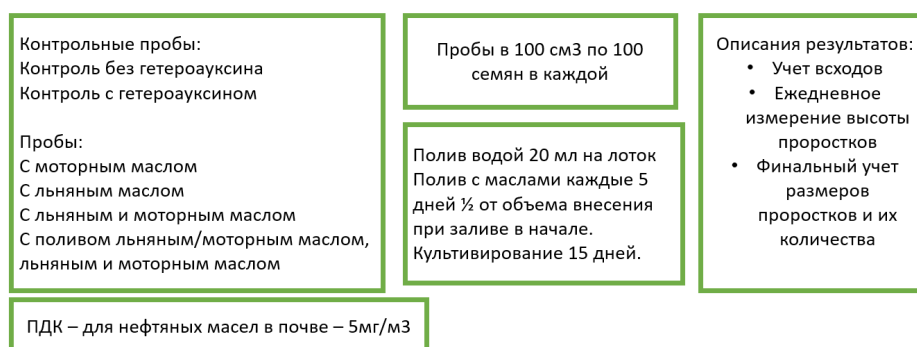


Рис. 4.3.38

Гипотеза: независимо от природы загрязнителя (масла) и среды при применении стимулятора корнеобразования прорастание корней будет проходить более интенсивно, но медленнее чем без загрязнителя (масла).

Задачи:

1. Выяснить влияние природы масла на скорость прорастания корней.
2. Определить влияние применения стимулятора корнеобразования или его отсутствие.
3. Проанализировать влияние загрязнителя в разных средах.
4. Сравнить результат с контрольным образцом.

Ключевые измеряемые параметры: наличие и длина корней.

Срок эксперимента — 4 дня.

План проведения эксперимента:

1. Высадить на агровату и в две разные почвы (в первом случае — с загрязнением, во втором — без загрязнения) по одинаковому количеству овса и сделать контрольные образцы.
2. Полить определенную часть растений стимулятором корнеобразования гетероауксином.

3. Полить равные части водой с загрязнителями (машинным и льняным маслом по отдельности) или чистой водой (при загрязнении почвы).
4. Наблюдать результаты.

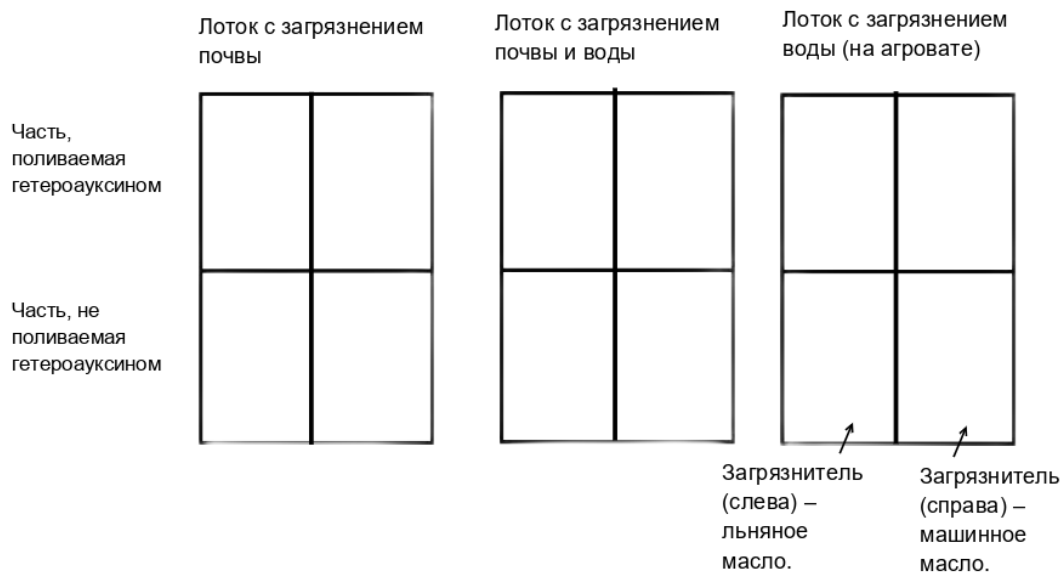


Рис. 4.3.39. Схема эксперимента

Таблица 4.3.13. Протокол эксперимента (результаты)

Загрязненная среда	С гетероауксином/без	Загрязнитель	Результат (длина проростков, примерное их количество/не пророс)
Почва	+	Машинное масло	—
Почва	+	Льняное масло	2 мм, из 50 семян 5 проростков
Почва	—	Машинное масло	—
Почва	—	Льняное масло	—
Почва+вода	+	Машинное масло	—
Почва+вода	+	Льняное масло	—
Почва+вода	—	Машинное масло	—
Почва+вода	—	Льняное масло	—
Вода	+	Машинное масло	—
Вода	+	Льняное масло	4 мм, из 50 семян 10 проростков
Вода	—	Машинное масло	—
Вода	—	Льняное масло	—

Состояние контрольного образца: 30 проростков из 50 семян по 5–7 мм.

## Выводы

Гипотеза частично подтвердилась. Проросли образцы с применением стимулятора корнеобразования в льняном масле при загрязнении почвы и воды по отдельности, но гораздо в меньшем количестве, чем на контрольном образце. Следовательно, стимулятор действительно увеличивает скорость развития, но скорость развития при загрязнителе заметно снижается. Однако в масле растительного (льняное) происхождения изменения более заметны, значит, часть гипотезы про одинаковое влияние на прорастание независимо природы загрязнителя (масла) неверно. Судя по количеству и длине проростков, на рост растения меньше всего влияет загрязнение воды для полива.

Стоит заметить, что длительность эксперимента невелика, поэтому рекомендуется его повторение, а также дальнейшие наблюдения за развитием растений для формирования более точных выводов.

## Эксперимент с почвой

Порядок работы:

1. Заполнить емкость специальным субстратом.
2. Разместить семена на субстрате на некотором расстоянии друг от друга.
3. Обработать семена в четырех из восьми емкостей специальным средством для развития корней.
4. Залить семена водой для полива (с добавлением средства для развития корней и без него), перемешанной последовательно с машинным маслом и льняным маслом в двух контейнерах из четырех.

В двух из четырех оставшихся емкостей загрязнить субстрат машинным маслом, а в других двух — смешать грунт с льняным маслом, предполагая, что процент выживаемости растений будет минимальным из-за загрязнения почвы и/или воды для полива машинным/льняным маслом. Оба вида масла образуют плотную пленку, которая вызывает у ростков гипоксию и голодание в силу невозможности получения минеральных веществ из внешней среды. Кроме того, машинное масло оказывает токсичное воздействие на проростки, отравляя их.

5. Производить наблюдения за семенами в течение полутора суток. Сравнить их развитие (если таковое будет, т. к. вероятность летального исхода для ростков семян очень высока) с развитием семян того же вида растений, оставшихся в гроубоксе.

После наблюдений за течением эксперимента и сравнением с контрольными семенами, оставшимися в гроубоксе, гипотеза подтверждается частично: независимо от путей загрязнения машинным/льняным маслом процент гибели семян высок, тем не менее, ростки способны выжить даже при обильном загрязнении льняным маслом, особенно при использовании раствора стимуляции роста корней.

Анализ загрязнения среды нефтепродуктами показывает, что вероятность загрязнения почвы и воды для полива очень высока, особенно вблизи промышленных предприятий и мест хранения нефтепродуктов. Загрязнение воды для полива и почвы (вместе) находится в той же зоне риска.

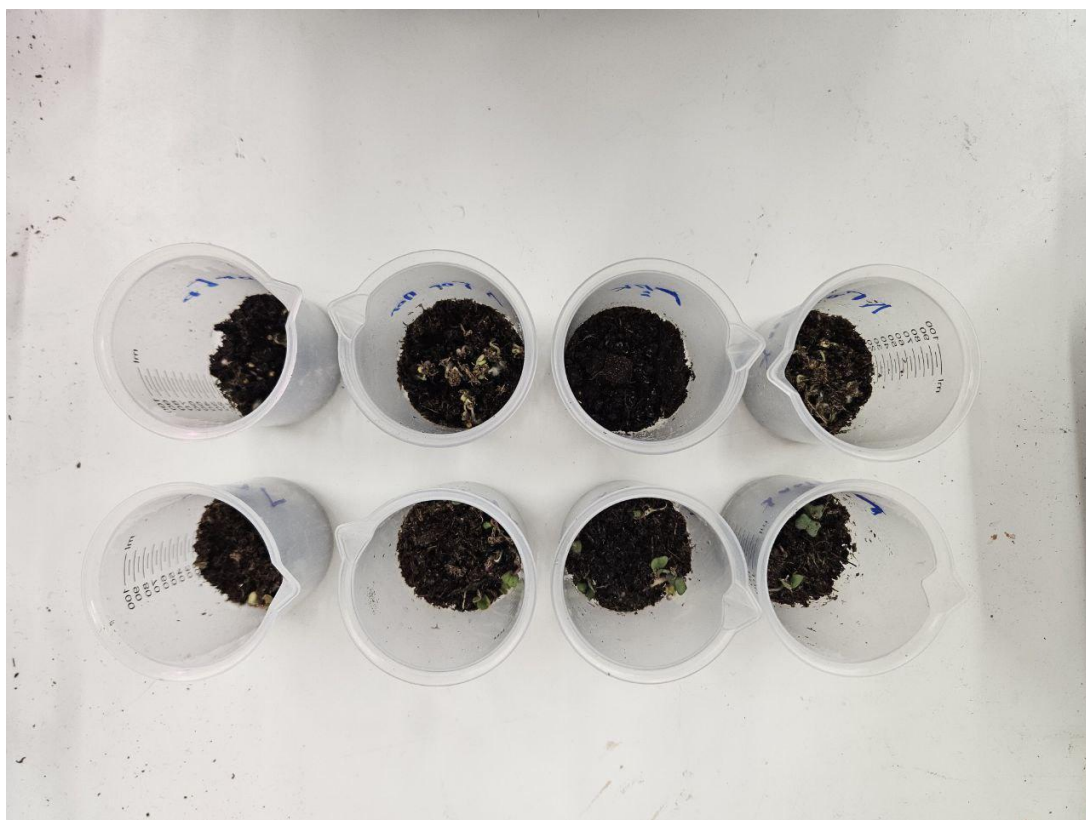


Рис. 4.3.40. Общие результаты серии экспериментов с загрязнением почвы, воды для полива льняным маслом

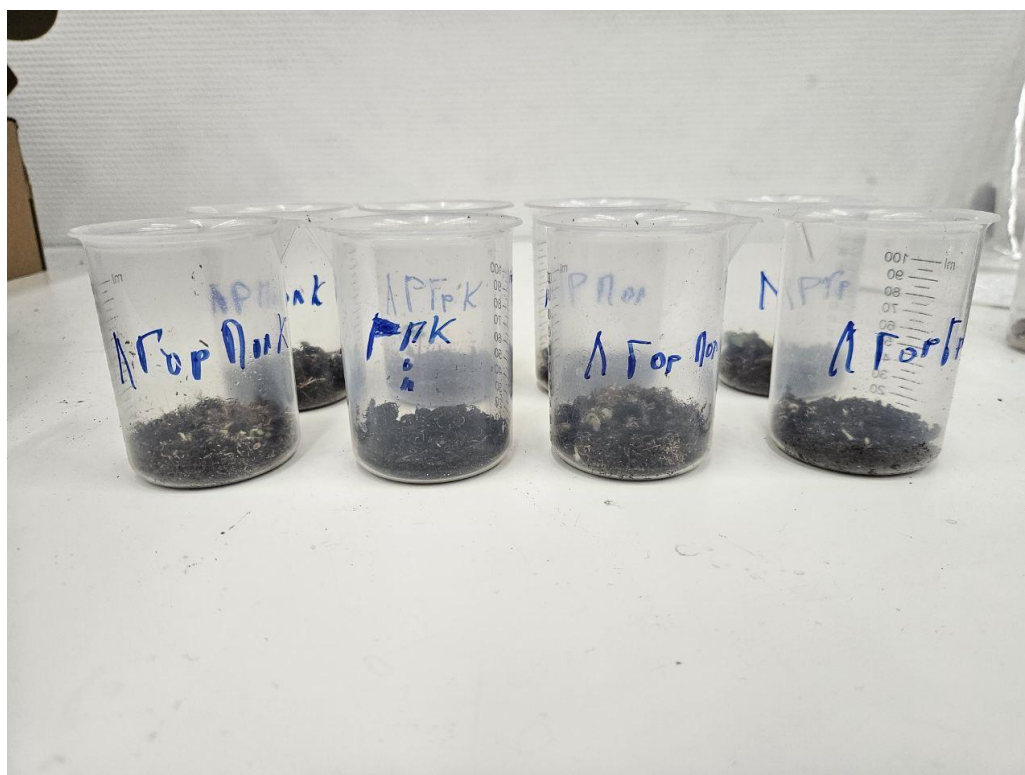


Рис. 4.3.41. Общие результаты серии экспериментов с загрязнением почвы, воды для полива льняным маслом





Рис. 4.3.42. Результат эксперимента полива проростков редиски с добавлением стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива льняным маслом: молодые растения выжили и заметно выросли



Рис. 4.3.43. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки редиса с добавлением стимуляторов роста корней льняным маслом: молодые растения выжили и даже заметно выросли





Рис. 4.3.44. Результат эксперимента полива проростков редиса без добавления стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива льняным маслом: молодые растения выжили и заметно выросли



Рис. 4.3.45. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки редиса без добавления стимуляторов роста корней льняным маслом: молодые растения выжили и заметно выросли



Рис. 4.3.46. Результат эксперимента полива проростков горчицы с добавлением стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива льняным маслом: молодые растения выжили и заметно выросли



Рис. 4.3.47. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки горчицы с добавлением стимуляторов роста корней льняным маслом: молодые растения, вероятнее всего не выжили, т. к. за время наблюдения не было замечено никаких изменений в росте



Рис. 4.3.48. Результат эксперимента полива проростков горчицы без добавления стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива льняным маслом: молодые растения выжили и заметно выросли



Рис. 4.3.49. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки горчицы без добавления стимуляторов роста корней льняным маслом: молодые растения выжили и заметно прибавили в росте



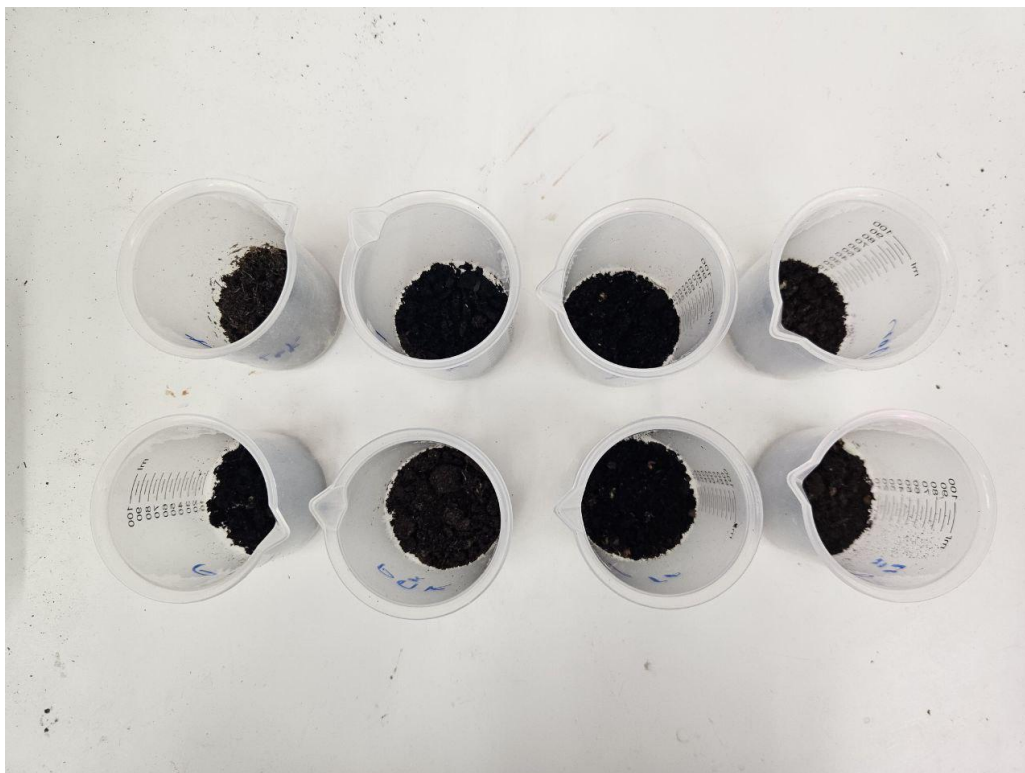


Рис. 4.3.50. Общие результаты серии экспериментов с загрязнением почвы и воды для полива машинным маслом



Рис. 4.3.51. Общие результаты серии экспериментов с загрязнением почвы и воды для полива машинным маслом



Рис. 4.3.52. Результат эксперимента полива проростков горчицы с добавлением стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива машинным маслом: все молодые растения погибли

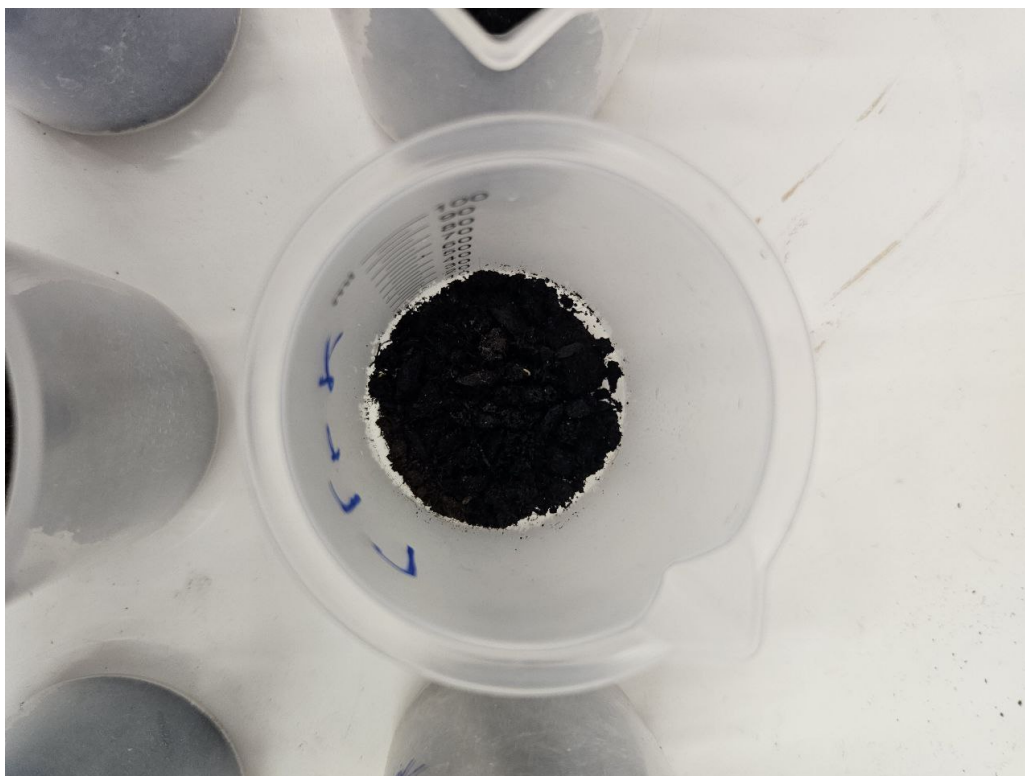


Рис. 4.3.53. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки горчицы с добавлением стимуляторов роста корней машинным маслом: все молодые растения не выжили



Рис. 4.3.54. Результат эксперимента полива проростков горчицы без добавления стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива машинным маслом: все молодые растения погибли

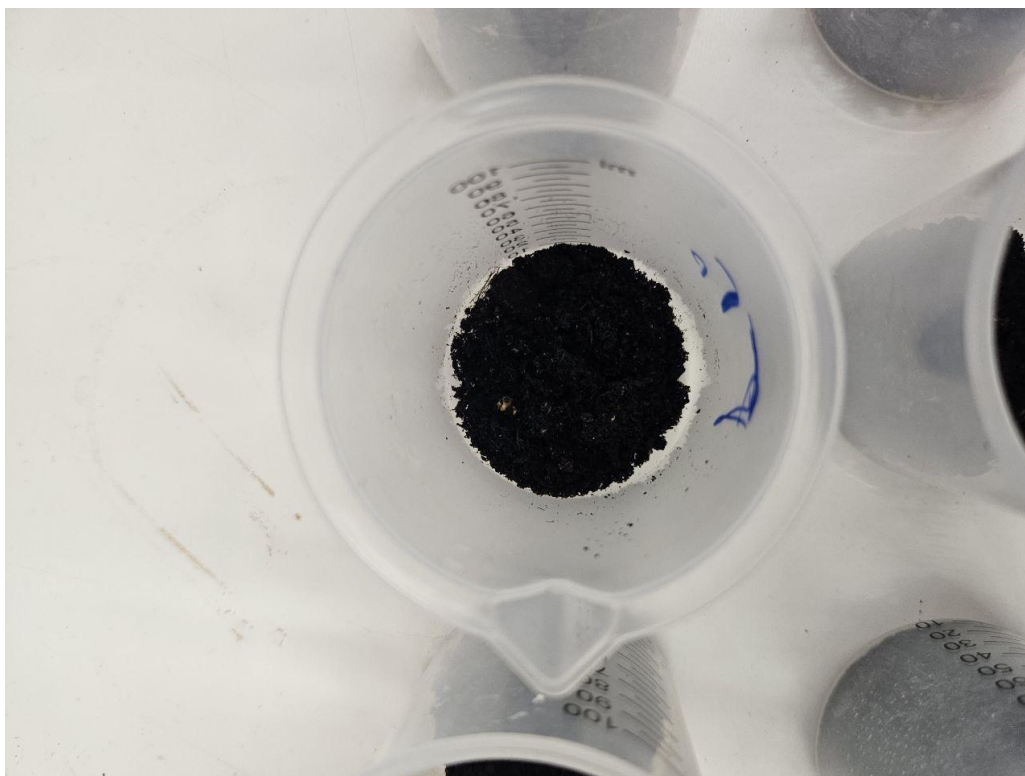


Рис. 4.3.55. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки горчицы без добавления стимуляторов роста корней машинным маслом: молодые растения не выжили



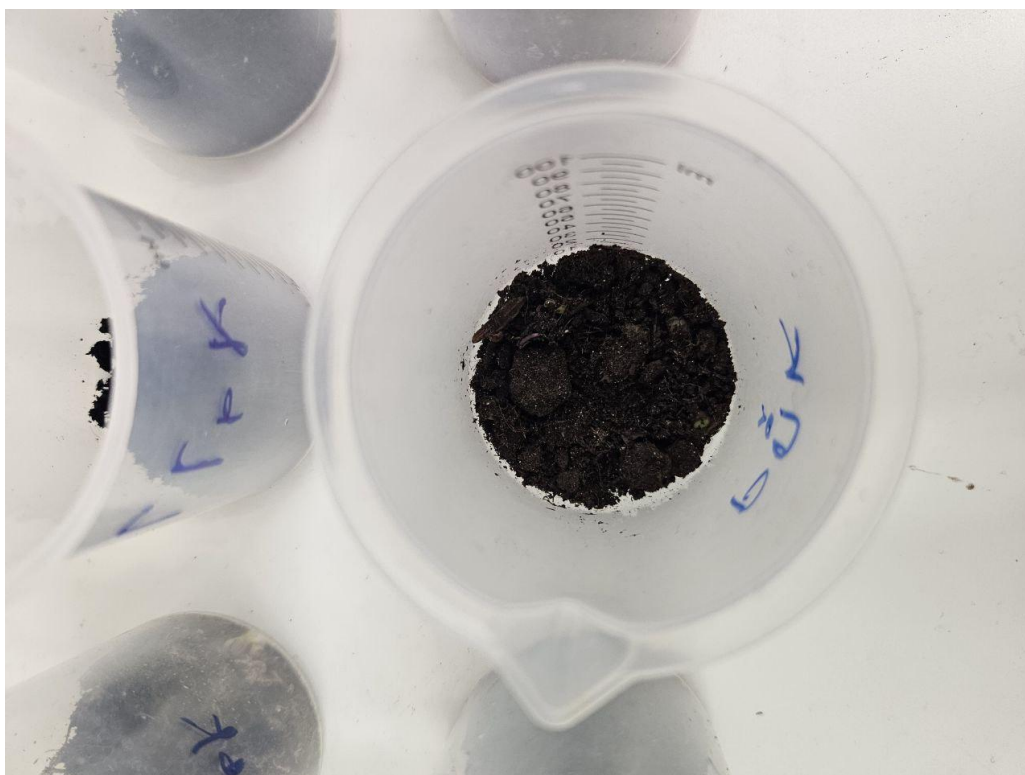


Рис. 4.3.56. Результат эксперимента полива проростков редиса с добавлением стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива машинным маслом: все молодые растения погибли



Рис. 4.3.57. Результат эксперимента загрязнения грунта, в котором находились проростки редиса с добавлением стимуляторов роста корней машинным маслом: молодые растения не выжили



Рис. 4.3.58. Результат эксперимента полива проростков редиса без добавления стимуляторов роста корней загрязненной водой для полива машинным маслом: все молодые растения погибли



Рис. 4.3.59. Результат эксперимента загрязнения почвы машинным маслом, где находились проростки редиса без добавления стимуляторов роста: все молодые растения погибли



Технологическая схема является одним из основных инструментов систематизации и планирования биотехнологических и технологических процессов. В задании заключительного этапа отдельное внимание уделяется логике выделения структурных единиц и верному порядку технологических операций при обработке растительного сырья с целью получения конечного продукта, а также описанию технологии в формате пояснительной записки.

### ***Критерии оценивания технологической схемы выращивания гидробионтов***

Таблица 4.3.14. Критерии оценивания технологической схемы выращивания гидробионтов

<b>Критерий</b>	<b>Количество баллов</b>
Присутствует расчет прироста биомассы на полигоне на единицу площади	2
Присутствует расчет прироста биомассы в проектируемой модели	2
Присутствует корректное сравнение расчетов	2
Присутствует описание растений, наиболее актуальных для выращивания в данном регионе	2
Присутствует подробное описание технологии выращивания растений	2

Ниже приведены примеры решений некоторых команд.

### ***Пример решения. Технологическая схема выращивания гидробионтов***

Разработанная система

Размеры пляжа в Витязево —  $100 \times 2400$  м.

Размеры разработанного комплекса —  $50 \times 30$  м.

Любой из компонентов системы может быть масштабирован.

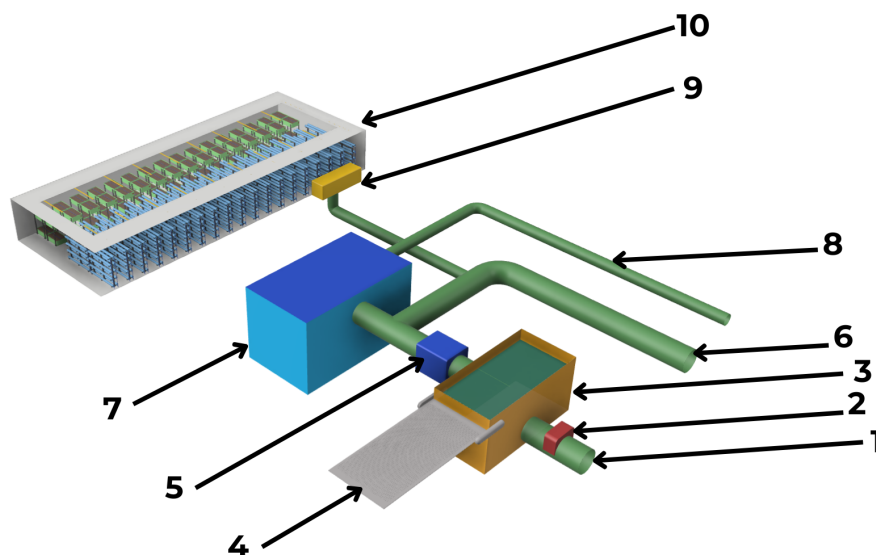


Рис. 4.3.60. Комплекс очистки

1 — забор взвеси песка и воды из моря.

2 — модуль, примешивающий к взвеси абсорбент. Мазут имеет большую плотность, чем вода, следовательно он не создает на поверхности воды пленку, а остается в толще воды. Российские ученые разработали абсорбент, который поглощает мазут и всплывает на поверхность (<https://yandex.ru/turbo/rg.ru/s/2025/01/29/reg-pfo/rg-pobyvala-v-laboratorii-gde-sozdali-metod-ochistki-pliazhej-anapy-ot-mazuta.html>).

3 — отстойник. Вода, песок и обработанный абсорбентом мазут отстаиваются, вследствие чего смесь разделяется на фракции, песок оседает на дне, мазут с абсорбентом всплывает на поверхность.

4 — сетка, с помощью которой абсорбент извлекается с поверхности. Очищенный песок может быть возвращен в море или на пляж, также он может использоваться для производства грунта.

5 — фильтры финишной очистки воды.

6 — отвод лишней воды в море.

7 — зона содержания морских гидробионтов.

8 — труба. Очищенная вода поступает в зону содержания морских гидробионтов, отходы от содержания гидробионтов выводятся в море с помощью трубы 8.

9 — опреснитель. Опреснение производится с целью использования для полива растений. После этого вода обогащается питательными веществами, необходимыми растениям.

10 — зона выращивания сельскохозяйственных культур и лекарственных растений.

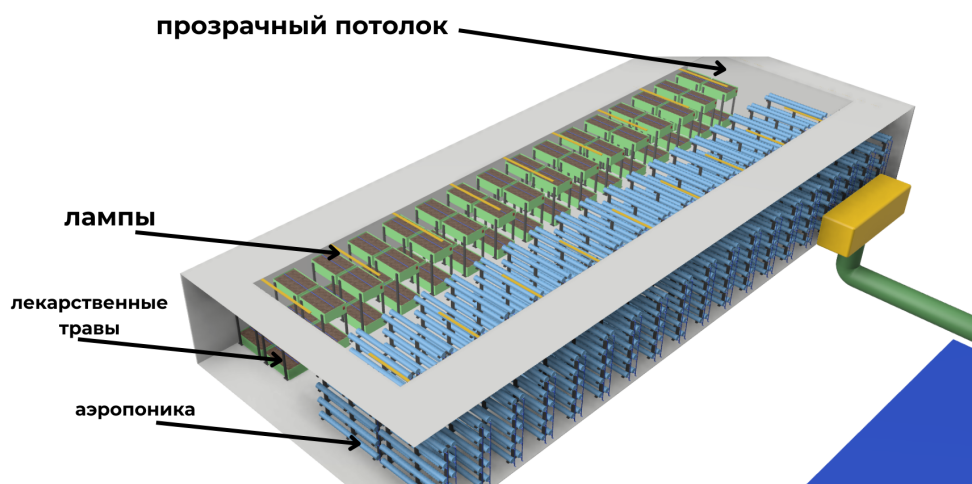


Рис. 4.3.61

Комплекс расположен в Краснодарском крае, регионе с большим количеством солнечных дней, поэтому в целях экономии электроэнергии потолок ситифермы частично выполнен из прозрачного материала. С помощью датчиков освещенности, расположенных на объектах внутри, определяется необходимость регулирования яркости фитоламп.

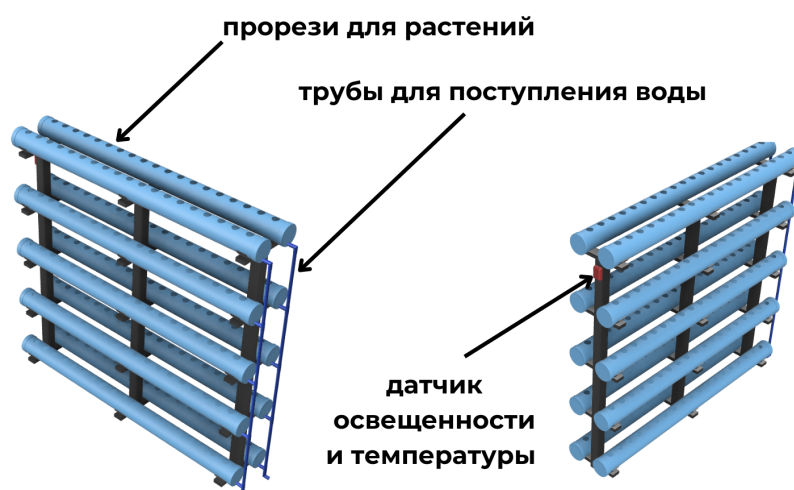


Рис. 4.3.62

Сельскохозяйственные культуры, такие как салат, горох и чечевица растут в аэропонной установке. Аэропоника была выбрана для уменьшения количества опресняемой воды.

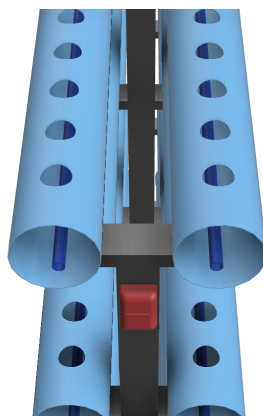


Рис. 4.3.63

Каждое растение помещено в прорезь. В нижней части трубы-корпуса располагается труба для полива с разбрызгивателем.

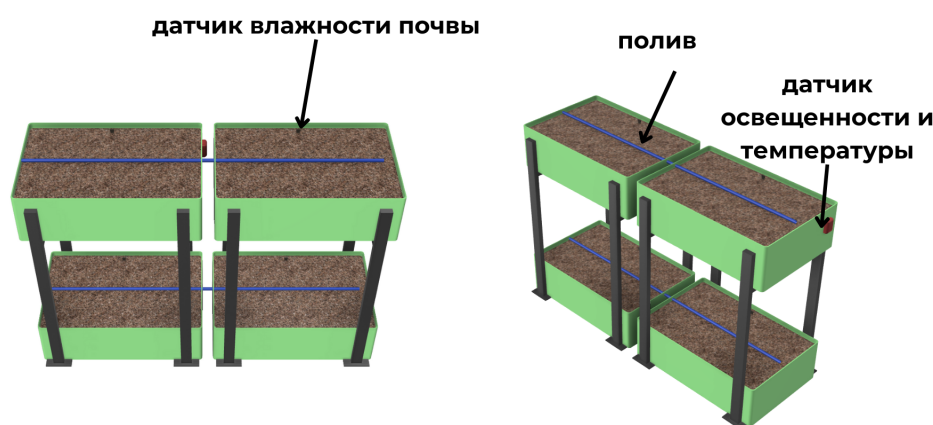


Рис. 4.3.64

Выбранные для выращивания лекарственные растения (ромашка аптечная, зверобой и календула) обладают глубокой корневой системой (до 40 см), и сырье для производства противовоспалительных средств может быть получено только со взрослых растений, достигающих в высоту до 50 см. Их выращивание производится в толках с почвой, смеси чернозема и очищенного песка — субстрате местного производства.

### **Обоснование выбора выращиваемых растений**

Чечевица зеленая — культура, масштабы выращивания которой активно увеличиваются в Краснодарском крае, а значит, имеется актуальность выращивания в этом регионе. Способствует улучшению микрофлоры желудочно-кишечного тракта, что обеспечивает нормальное пищеварение. В ее состав входят витамины групп А, В, Р, а также такие минералы, как селен, фосфор, магний, кальций, железо и натрий. Этот продукт рекомендуется включать в рацион при нервных расстройствах, мочекаменной болезни, гастрите, язве желудка.

Салат — культура, которая производится в России в промышленных масштабах в недостаточном объеме. Содержит много витаминов (В1, В2, РР, С), минеральных веществ (К, Mg, Р, Са) и антиоксидантов (бета-каротин и лютеин); богат клетчаткой, отличается калорийностью.

Горох выращивается в Краснодарском крае в больших объемах. Содержит легкоусвояемые белки, жиры, крахмал, антиоксиданты, клетчатку, витамины (А, Е, С, D, К, В1, В2, РР), каротин, холин, инозит, микроэлементы (калий, фосфор, магний, железо, йод, кальций). Благоприятно воздействует на сердце, сосуды, почки, мочевой пузырь, растворяет камни в мочевом пузыре и почках, а также улучшает зрение.

Цветки календулы (ноготков) обладают противовоспалительным, антисептическим, желчегонным, спазмолитическим и другими полезными свойствами. Используется в качестве антисептического и противовоспалительного средства при порезах, ушибах, а также при воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей (тонзиллиты, фарингиты, ларингиты, фаринголарингиты) и слизистой оболочки полости рта (стоматит), при холецистите, холангите. При сборе удобно срезать только цветки, а не все растение. Растение неприхотливо.

Зверобой обладает спазмолитическим, сосудорасширяющим, противовоспалительным, вяжущим, бактериостатическим, мочегонным, противоглистным, капилляроукрепляющим, фотосенсибилизирующим свойствами. Нетребователен к условиям выращивания.

Противовоспалительное, кровоостанавливающее, антисептическое, противомикробное, спазмолитическое действие ромашки широко известно: отвары и настои из нее обладают этими свойствами. Ромашка повышает секрецию пищеварительных желез, поэтому ее применяют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта: настоем используют при гастрите, язвенной болезни, энтерите, колите, метеоризме, диарее, для ослабления процессов брожения в кишечнике, в том числе в виде микрোকлизм при кишечных спазмах и геморрое. Препаратами на основе ромашки лечат инфекционно-воспалительных заболеваний ЛОР-органов и полости рта: фарингиты, тонзиллиты, стоматиты, гингивиты. Это неприхотливое растение издавна применяют в косметологии: для ополаскивания волос, а также в качестве масок и лосьонов. Ромашка почти не вызывает аллергических реакций, поэтому рекомендована даже новорожденным детям. При выращивании удобно собирать цветки, а не все растение.

### **Технология выращивания растений в разработанной системе**

Питательный раствор для аэропоники:

Раствор Герике (на 1 л воды):

- монокалийфосфат ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) — 0,140 г,
- калийная селитра ( $\text{KNO}_3$ ) — 0,550 г,
- кальциевая селитра ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) — 0,100 г,
- сульфат магния (кристаллический) ( $\text{MgSO}_4$ ) — 0,140 г,
- сульфат железа (двухвалентный) ( $\text{FeSO}_4$ ) — 0,020 г,
- сульфат марганца ( $\text{MnSO}_4$ ) — 0,002 г,
- бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) — 0,002 г,
- сульфат цинка ( $\text{ZnSO}_4$ ) — 0,001 г,
- сульфат меди ( $\text{CuSO}_4$ ) — 0,001 г.

Постоянное распыление питательного раствора в аэропонике, полив растений почве в соответствии с показателем датчика влажности почвы.

На этапе проращивания и начального роста растениям необходимо постоянное освещение, далее освещение по 12 ч в день.

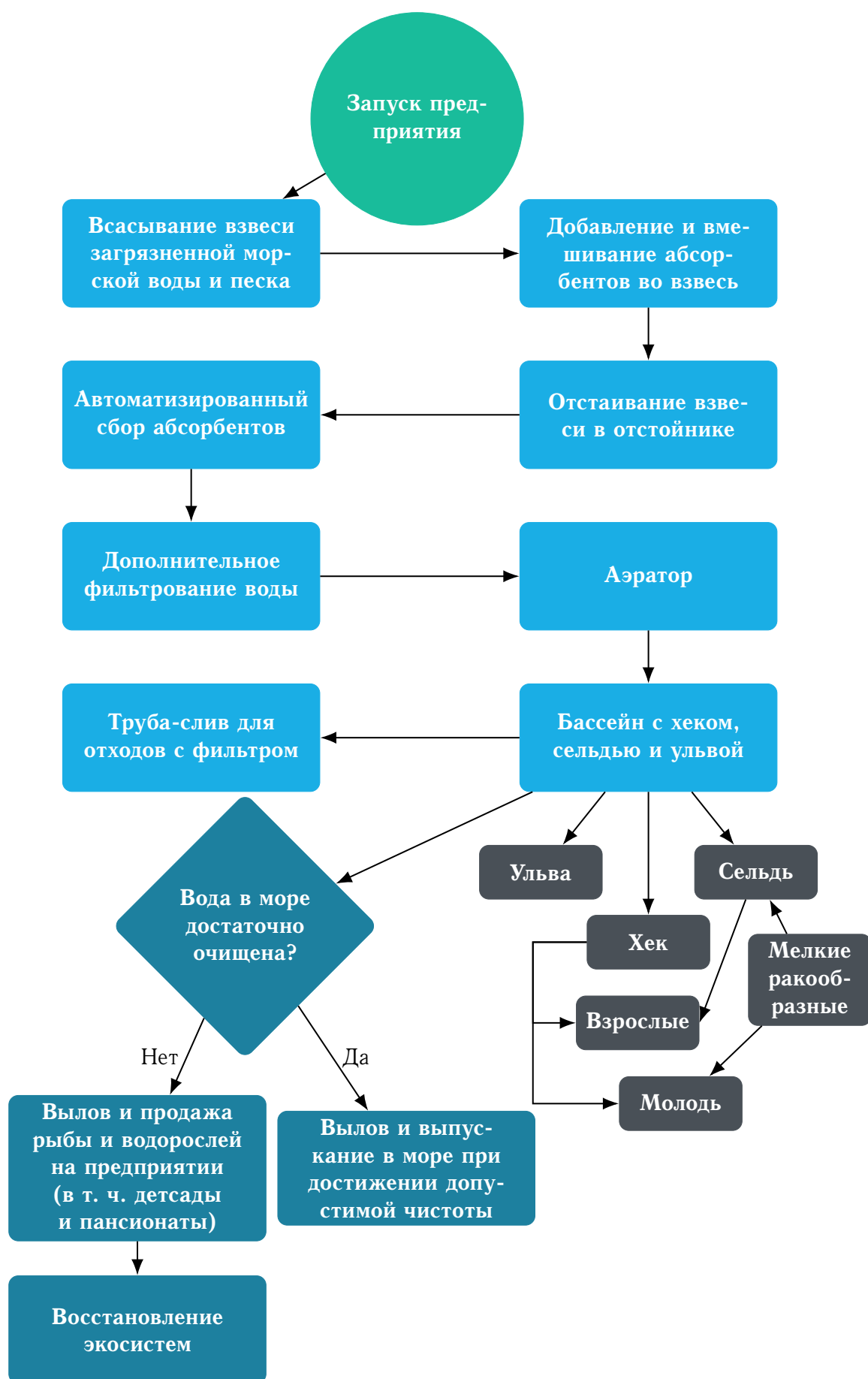


Рис. 4.3.65. Технологическая схема выращивания гидробионтов

Растительный мир насчитывает около 270 видов многоклеточных зеленых, бурых и красных донных водорослей. Животный мир — около 2 500 видов (для сравнения: в Средиземном море — около 9 000), из которых примерно 500 разновидностей ракообразных и столько же — одноклеточных, а также около 200 видов позвоночных (рыб и млекопитающих) и сопоставимое число моллюсков. Все остальные — это беспозвоночные разных видов.

Рассмотрим подробное описание видов, выбранных нами для выращивания в установке.

**Европейский хек** (*Merluccius merluccius*) — представитель семейства мерлузовых.

### 1. Описание

Максимальная длина тела достигает 140 см, средние размеры обычно составляют 30–60 см. Продолжительность жизни может достигать до 20 лет. Тело удлинённое, слегка сжатое с боков. Голова крупная, с широким ртом. Верхняя челюсть заметно выдается вперед. Зубы на обеих челюстях хорошо развиты, что позволяет хеку эффективно охотиться. Глаза среднего размера, с прозрачной мембраной. Жаберные тычинки тонкие, слегка изогнутые, с заостренными концами и расположены близко друг к другу. Спинной плавник разделен на две части: первая часть короткая, с 9–12 лучами, а вторая — длинная, с 36–40 лучами. Анальный плавник также длинный, с 36–40 лучами, что придает рыбе обтекаемую форму и способствует быстрому передвижению в воде.

### 2. Промысловое значение

Европейский хек является важным объектом промысла. Основные районы добычи расположены у побережья Англии, Испании, Шотландии и Португалии, а также в Бискайском заливе и у северо-западного побережья Африки.

### 3. Размножение

Половой зрелости европейский хек достигает в возрасте 3–5 лет. На протяжении жизни нерестится несколько раз, обычно 2–3 раза. Нерест происходит в основном с февраля по июль, в зависимости от региона. Для нереста рыба перемещается на глубины от 100 до 300 м, предпочитая участки с илистым или песчаным дном. Икра пелагическая, то есть развивается в толще воды, а не оседает на дно. После вылупления личинки и мальки первое время держатся в верхних слоях воды, постепенно опускаясь на глубину по мере роста.

### 4. Распространение

Обитает в умеренных водах северо-восточной и восточно-центральной части Атлантического океана, включая акватории Средиземного и Черного морей. Может встречаться на глубинах до 1 075 м.

## Влияние разлива мазута на хека

- Мазут токсичен для рыб и других морских организмов. Он содержит тяжелые металлы и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые могут вызывать отравление, нарушение работы дыхательной системы и репродуктивных функций.
- Пленка мазута на поверхности воды препятствует газообмену между водой и атмосферой, что приводит к снижению уровня кислорода в воде. Это осо-

бенно опасно для хека, который обитает на глубинах, где кислородный режим и без того может быть напряженным.

- Оседающий мазут покрывает дно, где обитают многие организмы, служащие пищей для хека. Это приводит к сокращению кормовой базы.
- Икра и личинки хека особенно уязвимы к загрязнению. Токсичные вещества могут вызывать гибель икры или нарушения в развитии молоди, что в долгосрочной перспективе снижает численность популяции.
- Хек, как хищник, может накапливать токсичные вещества из мазута в своих тканях через пищевую цепь. Это делает его опасным для употребления в пищу человеком.

**Черноморско-азовская морская сельдь** (*Alosa maeotica*) — вид лучеперых рыб, относящийся к семейству сельдевых.

### 1. Описание

Максимальная длина тела достигает 31 см. Продолжительность жизни составляет до 6 лет. Тело имеет удлинённую и высокую форму. Голова треугольная, с крупным ртом. Верхняя челюсть выходит за вертикаль глаза. Зубы на обеих челюстях развиты хорошо. Глаза небольшие, с жировыми веками. Жаберные тычинки прямые, тонкие, с заостренными концами и расположены близко друг к другу. Спинной плавник короткий, с 16–20 мягкими лучами, из которых первые 3–4 неветвистые. В анальном плавнике насчитывается 19–22 мягких лучей (первые три луча также неветвистые).

### 2. Распространение

Обитает в Черном и Азовском морях. Иногда заходит в дельту Дона и солонатоводные лиманы. В пресной воде встречается крайне редко.

### 3. Питание

Основу рациона составляют ракообразные, например, креветки и гаммарусы.

### 4. Размножение

Половой зрелости достигает в возрасте 2 лет. В течение жизни нерестится 2–4 раза. Нерест происходит с марта по июнь. Для нереста рыба подходит к прибрежным зонам или заходит в лагуны. Икринки оседают на дно.

5. **Промысловое значение** Имеет незначительное значение для коммерческого промысла; добывают в России, Болгарии и Румынии.

**Влияние мазута на сельдь** аналогично влиянию на хека.

**Ульва** (*Ulva prolifera*) — это вид зеленых водорослей, относящийся к семейству *Ulvaceae*.

### 1. Описание

Максимальная длина слоевища может достигать 1 м, хотя обычно размеры варьируются от 10 до 50 см. Водоросль имеет ярко-зеленый цвет и состоит из тонких, лентообразных слоевищ, которые могут быть как гладкими, так и слегка гофрированными. Структура слоевища двухслойная, с клетками, расположенными в виде сетки. *Ulva prolifera* способна быстро разрастаться, образуя обширные скопления на поверхности воды или на дне.

### 2. Распространение



Встречается в умеренных и тропических водах по всему миру, особенно часто в прибрежных зонах, лиманах и эстуариях, где вода имеет повышенную соленость. Может прикрепляться к камням, ракушкам или свободно плавать в толще воды.

### 3. Размножение

Размножается как половым, так и бесполом путем. При половом способе образуются гаметы, которые сливаются в воде, формируя зиготу. Бесполое размножение происходит через образование спор. *Ulva prolifera* способна быстро восстанавливать популяцию благодаря высокой скорости роста и размножения.

#### Влияние разлива мазута на *Ulva prolifera*

- Мазут содержит токсичные вещества, такие как тяжелые металлы и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые отравляют воду и донные отложения.
- *Ulva prolifera*, прикрепленная к субстрату, напрямую контактирует с загрязненной водой и осадками, что приводит к повреждению ее клеток и нарушению процессов фотосинтеза.
- Пленка мазута на поверхности воды блокирует доступ солнечного света, необходимого для фотосинтеза. Это снижает способность *Ulva prolifera* производить кислород и органические вещества, что негативно сказывается на всей экосистеме.
- Токсичные компоненты мазута могут повреждать хлоропласты в клетках водоросли, что также нарушает процесс фотосинтеза.
- При прямом контакте с мазутом *Ulva prolifera* может погибнуть из-за токсического воздействия. Это приводит к сокращению ее популяции и разрушению мест обитания многих морских организмов.
- Даже если водоросль не погибает сразу, ее рост и размножение замедляются, что снижает ее способность восстанавливать популяцию.
- *Ulva prolifera* служит важным звеном в пищевой цепи. Ее исчезновение или сокращение численности приводит к уменьшению кормовой базы для многих животных, включая рыб, моллюсков и ракообразных.
- Уменьшение количества *Ulva prolifera* также снижает уровень кислорода в воде, что негативно влияет на другие организмы.
- Токсичные вещества из мазута могут накапливаться в тканях *Ulva prolifera*, что делает ее опасной для употребления в пищу морскими животными.
- Восстановление популяции *Ulva prolifera* после загрязнения может занять годы, особенно если мазут оседает на дно и продолжает отравлять среду.

В соответствии СанПиН <https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a86/1032243.html> включение хека, сельди и ульвы в рацион не запрещено.

#### Полезные свойства

##### Хек

Источник высококачественного белка; содержит легкоусвояемый белок, который необходим для построения и восстановления тканей, поддержания мышечной массы и укрепления иммунитета.

Низкая калорийность: хек — нежирная рыба. Богат витаминами и минералами: содержит витамины группы В (особенно В12), которые важны для работы нервной системы, а также фосфор, калий и магний, необходимые для здоровья костей и сердца.

Хотя содержание омега-3 в хеке ниже, чем в жирной рыбе, он все же способствует поддержанию здоровья сердечно-сосудистой системы и снижению уровня «плохого» холестерина.

### **Сельдь**

Высокое содержание омега-3 жирных кислот; сельдь относится к жирным видам рыб, богатым омега-3, которые помогают снижать воспаление, улучшать работу мозга и поддерживать здоровье сердца.

Сельдь — один из немногих природных источников витамина D, который важен для усвоения кальция, укрепления костей и иммунитета. Белок из сельди легко усваивается, а ее жиры способствуют улучшению состояния кожи, волос и ногтей. Содержит селен, который обладает антиоксидантными свойствами, а также йод, необходимый для нормальной работы щитовидной железы.

### **Ульва (морская водоросль)**

Низкокалорийный продукт с высоким содержанием питательных веществ: ульва богата витаминами (А, С, К, группы В), минералами (йод, железо, кальций, магний) и антиоксидантами.

Источник йода: ульва помогает поддерживать здоровье щитовидной железы, которая регулирует обмен веществ. Содержит клетчатку: водоросли способствуют улучшению пищеварения, нормализации работы кишечника и выведению токсинов из организма.

Полезна для сердца: содержит омега-3 жирные кислоты (хотя и в меньшем количестве чем рыба), а также вещества, которые помогают снижать уровень холестерина. Благодаря высокому содержанию витаминов и минералов, ульва укрепляет иммунную систему и помогает бороться с воспалениями.

## ***Критерии оценивания практической работы***

Оценка полигона и практической работы участников является неотъемлемой частью оценки работы биолога и биотехнолога.

Так как основной объект исследования это, чаще всего, живой объект, либо его компоненты, важно научиться систематизированно работать с ними и вести соответствующие журналы наблюдений, опираясь на реалистичные измеряемые параметры роста и развития.

Таблица 4.3.15. Критерии оценивания

Критерий	Количество баллов
Чистота на рабочем месте	0–0,5–1
Салат	0–0,5–1
Гиацинты	0–0,5–1
Нарциссы	0–0,5–1
Проросло не менее одного вида семян (в том числе учитывать лук)	0–0,5–1
В гроубоксе отсутствует плесень	0,5
В гроубоксе отсутствуют высохшие субстраты (пересохшая почва, агровата и пр.)	0,5
Гроубокс оснащен таймером	0,5
Гроубокс оснащен системой освещения	0,5
Гроубокс оснащен тепловым ковриком	0,5
Лабораторный журнал включает в себя все выращиваемые растения	0–0,5–1
Контрольные параметры выбраны верно и могут дать понимание о динамике развития растений	0,5
Журнал заполнен не менее, чем за три конкурсных дня	0–0,5–1

### **Пример решения. Практическая работа**

В качестве примера решений приведены фото рабочих мест участников.

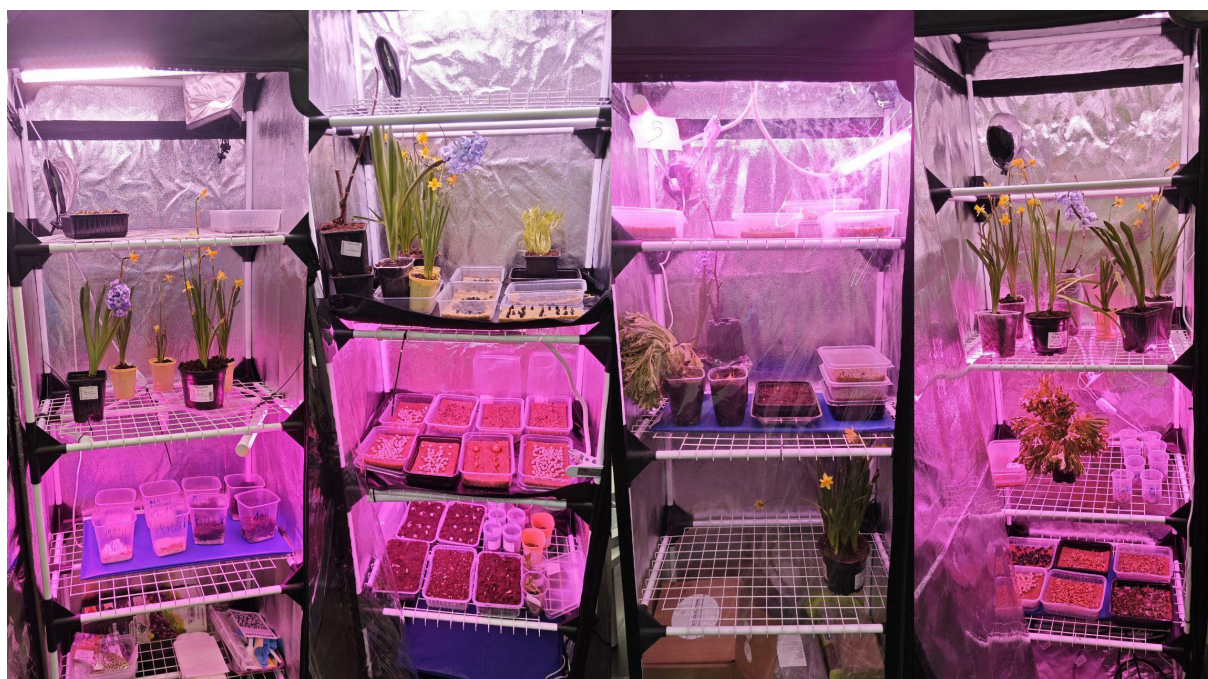


Рис. 4.3.66

### **Критерии оценивания презентации материалов**

Отдельным этапом оценивания работы участников является очное заслушивание полного набора предлагаемых решений задач инженерного этапа экспертной комиссией. Это позволяет получить информацию о принципах решения комплексной задачи, оценить погруженность в решение глобальных проблем и увидеть перспективы роста и развития разработанных технологий из уст авторов. Самое главное на данном этапе — дать возможность высказать и обсудить профессиональное мнение команды, сложившееся в результате освоения компетенций и в ходе работы над всеми заданиями.

Таблица 4.3.16. Критерии оценивания

<b>Критерий</b>	<b>Количество баллов</b>
Представлена 3D-модель разработанной системы (скриншоты основных видов модели)	0–0,5–1
Разработанная модель включает в себя зону интенсифицированного выращивания базовых сельскохозяйственных растений, наиболее характерных для региона (не менее трех из предложенных на полигоне — горох, чечевица, салат, подсолнечник, овес...)	0–0,5–1
Разработанная модель включает в себя зону выращивания морских гидробионтов для восстановления пострадавшей морской экосистемы	0–0,5–1
Разработанная модель включает в себя зону комплексной очистки почв и вод для использования в сельском хозяйстве.	0–0,5–1
Предложен для выращивания в модуле ряд лекарственных растений, обладающих противовоспалительным действием (не менее трех на выбор)	0–0,5–1
Представлено подробное описание пострадавших видов растений и водных животных, характерных для исследуемого места	0–0,5–1
Предложена технология восстановления численности не менее, чем двух видов водных животных и рыб на базе разрабатываемой системы	0–0,5–1
Продуман полный цикл их выращивания и условия выпуска в открытую воду	0–0,5–1
Технологическая схема разработанной технологии выращивания водных и объектов с пояснениями	0–0,5–1
Представлен расчет продуктивности разработанной системы и сопоставление с продуктивностью ситифермы на полигоне с указанием следующих параметров: полезной поверхности для выращивания растений в квадратных метрах	0–0,5–1
Представлено подробное описание технологии выращивания растений	0–0,5–1
Представлен план серии экспериментов с протоколом эксперимента по биотестированию влияния веществ-загрязнителей на рост и развитие растений	0–0,5–1
Проведена серия экспериментов с применением стимуляторов корнеобразования и без них, используя метод последовательных разведений с условием превышения ПДК и рассмотрев вероятность загрязнения различных сред: воды для полива, почвы, и воды для полива, и почвы	0–0,5–1

Критерий	Количество баллов
Презентационные материалы	0–0,5–1
Выступление докладчиков	0–0,5–1

### *Пример презентации материалов*

Несмотря на то, что презентация материалов — это увлекательный и долгий процесс, в качестве примера решений здесь приведена презентация одной из команд-финалистов.

## Зелёная матрёшка

НТО ИБС АГРО БИО ТЕХНО ЛОГИИ



Рис. 4.3.67

## Команда



Варлашова Алёна - биотехнолог

Веселова Варя - биолог

Разумков Ростислав - программист

Серянина Софья - химик

Рис. 4.3.68



## Задача финала

Разработка автономной инженерной биологической системы для организации зоны продукционного ситифермерства на территории, пострадавшей от аварийного пролива нефтепродуктов в береговой зоне загрязненных пляжей Витязево



Рис. 4.3.69

## 3D модель

- 1.1-1.2 - аквариумы для гидробионтов
- 2.1-2.3 - полки для сельскохозяйственных растений
- 3.1-3.3 - полки для лекарственных растений
- 4 - блок очистки почвы или песка от загрязнений
- 5 - блок для очистки солёной воды от загрязнений
- 6 - блок для очистки пресной воды от загрязнений
- 7 - знаки предупреждения о безопасности
- 8.1-8.2 - механизмы для очищения пресной воды
- 9 - шестерёнки
- 10- солёная вода с бактериями нефтеструктурами
- 11 - пена
- 12 - освещение (лампы)
- 13.1-13.4 - датчики влажности почвы
- 14.1-14.2 - блоки управления системой
- 15 - трубы для полива
- 16 - датчик освещения

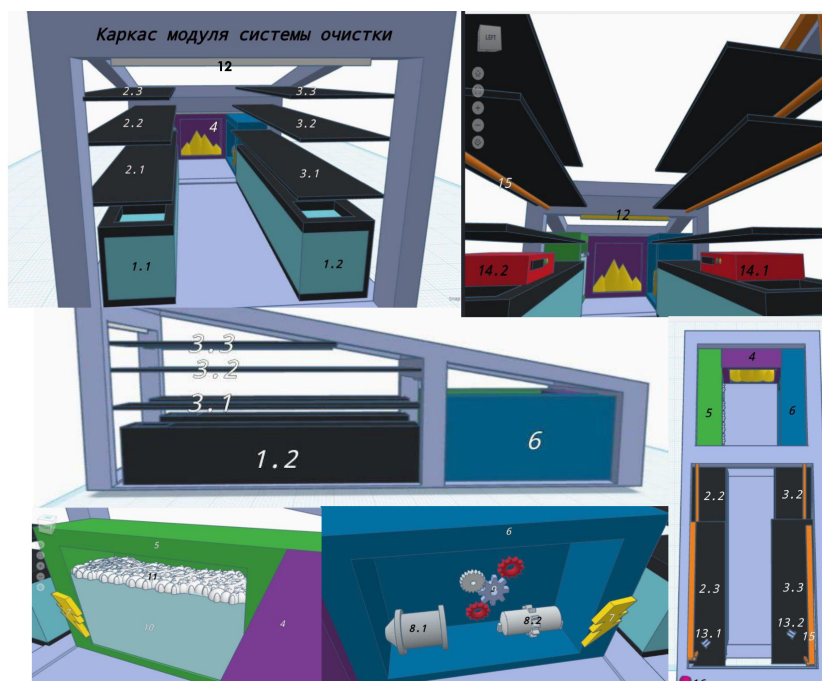


Рис. 4.3.70

## Этапы очистки воды и почвы

Методы очистки	Очистка почвы	Очистка воды
Механическая	Лопатами и спец.техника	Заградительные боны
Физико-химическая	Насыпные сорбенты	Сорбирующие маты из нетканого материала
Химическая	Использование ПАВов - поверхностно-активных веществ и удаление пленок-загрязнителей с пеной	
Биологическая	Применение УВОМ - углеводородокисляющих микроорганизмов и аборигенных бактерий нефтедеструкторов	

Также возможно комбинирование методов и создание новых продуктов, например биологических сорбентов или матов.

Рис. 4.3.71

## Пострадавшие виды растений и животных

### Пострадавшие животные:

1. Птицы, такие как чайки и бакланы, сильно пострадали от разлива мазута, потому что они садятся на воду на загрязненных участках, теряют перья, становясь неспособными к добыче пищи и погибают от холода.
2. Рыбы испытывают токсическое воздействие, что приводит к отравлению и повреждениям, хотя часть мигрировала в воды других морей.
3. Бентос, включая крабов и моллюсков, погибают из-за покрытия мазутом, так как не могут переместиться в другие места.
4. Дельфины страдают от острого отравления и возможного накопления токсинов, что может ослабить их иммунитет и привести к эпидемиям.

### Пострадавшие растения:

1. Пострадали водоросли, важные для экосистемы, что влияет на места нереста рыб.
2. Прибрежные растения, такие как камыш, страдают от токсичного воздействия мазута, что нарушает их фотосинтез.
3. Токсичные вещества убивают фитопланктон, что может нарушить пищевые цепочки и привести к нехватке кислорода в воде. Мазутная пленка блокирует солнечный свет, что угрожает редким растениям Черного моря.

Рис. 4.3.72

## Технология выращивания гидробионтов

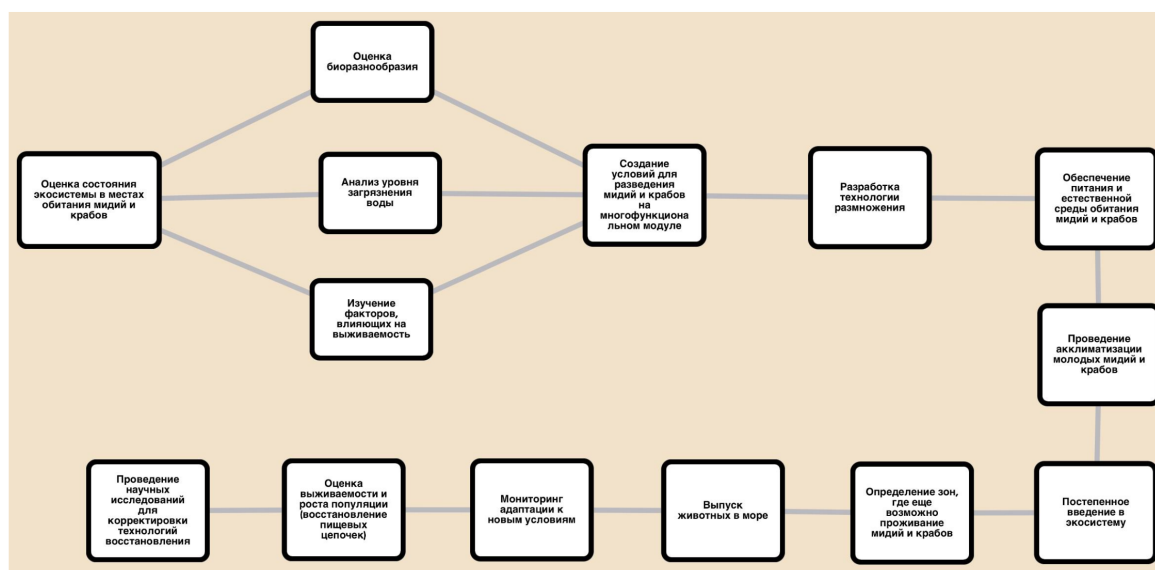


Рис. 4.3.73

## Технология выращивания растений

Подготовка семян:

- промыв
- обработка перекисью
- посадка на агровату
- опрыскивание



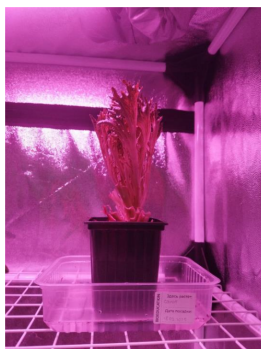
Подготовка лука:

- срезали старые корни и верхнюю часть
- разместили лук в прорезях агроваты
- залили воду в контейнер

Рис. 4.3.74



## Технология выращивания растений



### Пересадка салата:

- убрали у салата лишние вялые листья
- пересадили в горшок большего объема
- в нижний контейнер налили воду



### Пересадка винограда:

- подготовили емкость для посадки большого объема
- пересадили виноград во влажный грунт
- опрыскали почву против заболеваний

Рис. 4.3.75

## Расчет продуктивности разработанной ситифермы

Размеры нашего модуля: 5 м в длину, 1.5 м в ширину, 3 м в высоту.

1. Длина 1 полки в нашем модуле = 3.5 м, ширина = 0.6 м

•  $3.5 \text{ м} \times 0.6 \text{ м} = 2.1 \text{ м}^2$  – площадь одной полки

2. Средний прирост биомассы овса на  $1 \text{ м}^2 = 2000 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 2000 \text{ г} = 4200 \text{ г}$  – с одного модуля

3. Средний прирост биомассы чечевицы на  $1 \text{ м}^2 = 900 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 900 \text{ г} = 1890 \text{ г}$  – с одного модуля

4. Средний прирост биомассы горчицы на  $1 \text{ м}^2 = 500 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 500 \text{ г} = 1050 \text{ г}$  – с одного модуля

5. Средний прирост биомассы лаванды на  $1 \text{ м}^2 = 400 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 400 \text{ г} = 840 \text{ г}$  – с одного модуля

6. Средний прирост биомассы календулы на  $1 \text{ м}^2 = 800 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 800 \text{ г} = 1680 \text{ г}$  – с одного модуля

7. Средний прирост биомассы чабреца на  $1 \text{ м}^2 = 300 \text{ г}$ :  $2.1 \text{ м}^2 \times 300 \text{ г} = 630 \text{ г}$  – с одного модуля

**Общая продуктивность** – 10290 г урожая с одного модуля.

Рис. 4.3.76

## Расчет продуктивности ситифермы на полигоне

Растения	Кол-во посевного материала (г)	Площадь агроваты (см <sup>2</sup> )	Плотность посева (г/см <sup>2</sup> )	Средний прирост биомассы (г/га)	Из (т/га) в (г/см <sup>2</sup> )	Ожидаемое кол-во урожая (г/см <sup>2</sup> )	Ожидаемое кол-во урожая (г)
Чечевица	70	127.5	0.55	1	0.1	5.5	701.25
Подсолнечник	50	127.5	0.39	3	0.3	1.3	165.75
Горчица	20	127.5	0.16	2	0.2	0.8	102
Лук	36.4	127.5	0.29	10	1	0.29	36.975

Рис. 4.3.77

## Сравнение продуктивности

	Многофункциональный модуль			Гроубокс (полигон)	
Полезная поверхность для выращивания	2.1 м <sup>2</sup>			0.01275 м <sup>2</sup>	
Выращиваемая культура	Горчица	Чечевица	Овёс	Горчица	Чечевица
Общая продуктивность	7140 г			803.25 г	

Оценить продуктивность прироста овса на полигоне невозможно, так как овёс использовался для проведения эксперимента для выявления его способности прорастания при загрязнении почвы и воды маслами.

Рис. 4.3.78

## Проведение экспериментов

### Цель:

Изучить влияние различных веществ-загрязнителей (масел) на скорость роста и развития растений с учетом применения стимуляторов корнеобразования и без них, а также с учетом различных сред загрязнения (вода для полива, почва).

### Гипотезы:

1. Загрязнение почвы и воды маслами негативно влияет на рост и развитие овса.
2. Применение стимуляторов корнеобразования может смягчить негативное влияние загрязнителей.
3. Загрязнение различных сред (вода, почва) может иметь различный уровень воздействия на овёс.



Рис. 4.3.79

## Проведение экспериментов

	Проба	Сколько выросло	Проба	Сколько выросло	Проба	Сколько выросло	Проба	Сколько выросло
<b>Грунт</b>	2-л	3	2-м	4	2-л-к	4	2-м-к	2
	4-л	4	4-м	4	4-л-к	2	4-м-к	3
<b>Вода</b>	2-л	2	2-м	2	2-л-к	1	2-м-к	3
	4-л	2	4-м	1	4-л-к	0	4-м-к	0
<b>Грунт и вода</b>	2/2-л	1	2/2-м	0	2/2-л-к	0	2/2-м-к	0
	2/4-л	3	2/4-м	1	2/4-л-к	2	2/4-м-к	0
	4/2-л	0	4/2-м	0	4/2-л-к	1	4/2-м-к	2
	4/4-л	1	4/4-м	3	4/4-л-к	0	4/4-м-к	0
<b>Контроль</b>								<b>4</b>

2 – концентрация загрязнителя

2/4 – концентрация в грунте/в воде

л – проба загрязнена льняным маслом

м – проба загрязнена машинным маслом

к – семена обработаны стимулятором корнеобразования

Рис. 4.3.80

## Проведение экспериментов

### Выводы:

1. Вещества загрязнители негативно влияют на рост и развитие овса
2. Применение стимуляторов корнеобразования не повлияло на рост семян
3. Загрязнение воды оказывает большее негативное влияние на семена, как и загрязнение и воды, и почвы.



Рис. 4.3.81

### 4.3.8. Материалы для подготовки

1. Труд (технология). Растениеводство и животноводство. 7-8 классы. Учебное пособие Заборская О. Ю., Логвинова О. Н.
2. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений. Учеб. Для ВУЗов / Т. И. Серебрякова, Н. С. Воронин, А. Г. Еленевский и др. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 543 с.
3. Денис Румянцев: Анатомия растений. Учебное пособие; Серия Лесное хозяйство; ISBN 978-5-507-46589-7; 108 с.
4. Соколова Т. А, Бочкова И. Ю. Декоративное растениеводство. Цветоводство: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Садово-парковое и ландшафт. строительство» направления подготовки дипломир. специалистов «Лесное хоз-во и ландшафт. стр-во». — 4-е изд., стер. — М. : Академия, 2010. — 432 с.
5. Власов, В. А. Рыбоводство: учеб. пособие / В. А. Власов. — СПб.: Лань, 2012. — 348 с.
6. Экология и охрана окружающей среды. 2-е издание. Учебник. Авторы: Коробкин В. И., Передельский Л. В.
7. Бродский А. К. Общая экология: учеб. Для студентов ВУЗов. — М.: Проспект, 2008.
8. Концепция современного естествознания: учебник / под ред. С. А. Лебедева. — М.: Юрайт, 2011. — 358 с.
9. Общая биология: Учебное пособие для 11-го класса 11-летней общеобразовательной школы, для базового и повышенного уровней. Н. Д. Лисов, Л. В. Камлюк, Н. А. Лемеза и др. Под ред. Н. Д. Лисова.
10. Бирюков, В. В. Основы промышленной биотехнологии: учеб. пособие / В. В. Бирюков. — М.: КолосС, 2004.

11. Джейсон Бриггс Python для детей. Самоучитель по программированию / Бриггс, Д. / Манн, Иванов и Фербер: 2020. — 320 с.
12. Проскуренок И. В. Замкнутые рыбоводные установки. — М.: Изд-во ВНИРО, 2003. — 152 с.

## **5. Критерии определения победителей и призеров**

### **Первый отборочный этап**

В первом отборочном этапе участники решали задачи предметного тура по двум предметам: биология и химия, и задачи инженерного тура. В каждом предмете максимально можно было набрать 100 баллов, в инженерном туре 100 баллов. Для того чтобы пройти во второй этап, участники должны были набрать в сумме по обоим предметам и инженерному туру не менее 25 баллов, независимо от уровня.

### **Второй отборочный этап**

На втором отборочном этапе проводился командный зачет: баллы начислялись не отдельному участнику, а всей команде. Конкурсный отбор также осуществлялся между командами, а не между индивидуальными участниками.

Баллы, которые засчитывались в командный зачет, определялись по лучшему результату из всех попыток всех участников команды по каждой задаче. При этом баллы, набранные каждым членом команды за решение задач на втором этапе, суммировались и формировали общий результат команды. Победители второго отборочного этапа должны были набрать не менее 82 баллов для учеников 8–9 классов и для 10–11 — не менее 90.

### **Заключительный этап**

В заключительном этапе участники решали задачи предметного и инженерного туров.

#### ***Индивидуальный предметный тур***

- Биология — максимально возможный балл за все задачи — 100.
- Химия — максимально возможный балл за все задачи — 100.

#### ***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.

В заключительном этапе олимпиады баллы участника складываются из двух частей, каждая из которых имеет собственный вес: баллы за индивидуальное решение задач по предмету 1 (биология) с весом  $K_1 = 0,15$ , по предмету 2 (химия), с весом  $K_2 = 0,15$ , баллы за командное решение задач инженерного тура с весом  $K_3 = 0,7$ .

Итоговый индивидуальный балл участника определяется по формуле:

$$S = K_1 \cdot S_1 + K_2 \cdot S_2 + K_3 \cdot S_3,$$

где  $S_1$  — балл первой части заключительного этапа по биологии (предметный тур) в столбальной системе ( $S_{1\text{макс}} = 100$ );

$S_2$  — балл первой части заключительного этапа по химии (предметный тур) ( $S_{2\text{макс}} = 100$ );

$S_3$  — итоговый балл инженерного командного тура ( $S_{3\text{макс}} = 100$ ).

Итого максимально возможный индивидуальный балл участника заключительного этапа — 100 баллов.

### ***Критерий определения победителей и призеров***

Чтобы определить победителей и призеров с разделением на классы на основе индивидуальных результатов участников был сформирован общий/отдельный рейтинг всех участников заключительного этапа. С начала рейтинга были выбраны 2 победителя и 5 призеров среди 8–9 классов и 1 победитель и 4 призера среди 10–11 классов (первые 25% участников рейтинга становятся победителями или призерами, из них первые 8% становятся победителями, оставшиеся — призерами).

### ***Критерий определения победителей и призеров (независимо от уровня / в зависимости от разделения на классы)***

Категория	Количество баллов
Победители	62,74 и выше для 8–9 классов
	75,75 и выше для 10–11 классов
Призеры	От 60,97 до 62,44 для 8–9 классов
	От 71,29 до 71,63 для 10–11 классов

## 6. Работа наставника после НТО

Участие школьника в Олимпиаде может завершиться после любого из этапов: первого или второго отборочных, либо после заключительного этапа. В каждом случае после завершения участия наставнику необходимо провести с учениками рефлексию — обсудить полученный опыт и проанализировать, что позволило достичь успеха, а что привело к неудаче. Подробные материалы о проведении рефлексии представлены в курсе «Наставник НТО»: <https://academy.sk.ru/events/310>.

Наставнику важно проинформировать руководство образовательного учреждения, если его учащиеся стали финалистами, призерами и победителями. Публичное признание высоких результатов дополнительно повышает мотивацию.

В процессе рефлексии с учениками, не ставшими призерами или победителями, рекомендуется уделить особое внимание особенностям командной работы: распределению ролей, планированию работы, возникающим проблемам. Для этого могут использоваться опросники для самооценки собственной работы и взаимной оценки участниками других членов команды (Р2Р). Они могут выявить внутренние проблемы команды, для решения которых в план подготовки можно добавить мероприятия, направленные на ее сплочение.

Стоит рассказать, что в истории НТО было много примеров, когда не победив в первый раз, на следующий год участники показывали впечатляющие результаты, одержав победу сразу в нескольких профилях. Конечно, важно отметить, что так происходит только при учете прошлых ошибок и подготовке к Олимпиаде в течение года.

Важным фактором успешного участия в следующих сезонах НТО может стать поддержка родителей учеников. Знакомство с ними помогает наставнику продемонстрировать важность компетенций, развиваемых в процессе участия в НТО, для будущего образования и карьеры школьников. Поддержка родителей помогает мотивировать участников и позволяет выделить необходимое время на занятия в кружке.

С участниками-выпускниками наставнику рекомендуется обсудить их дальнейшее профессиональное развитие и его связь с выбранными профилями НТО. Отдельно можно обратить внимание на льготы для победителей и призеров, предлагаемые в вузах с интересующими ученика направлениями. Кроме того, ряд вузов предлагает льготы для всех финалистов НТО, а также учитывает результаты Конкурса цифровых портфолио «Талант НТО».