

## Требования к проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников в 2022/23 учебном году по химии

### **Введение**

Настоящие рекомендации по организации и проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников (далее – олимпиада) по химии составлены в соответствии с Порядком проведения всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства просвещения РФ от 27 ноября 2020 г. № 678 «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников».

Олимпиада по химии проводится в целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганды научных знаний.

Задачи олимпиады:

- расширение кругозора школьников, развитие их интереса к изучению химии, повышение интеллектуального уровня учащихся;
- профессиональная ориентация обучающихся, привлечение талантливой молодежи к продолжению обучения в высших учебных заведениях Российской Федерации
- выявление на раннем этапе способных и талантливых учеников в целях более эффективной подготовки к олимпиадам высокого уровня;
- создание необходимых условий для поддержки одарённых детей.

Олимпиада проводится на территории Российской Федерации.

Рабочим языком проведения олимпиады является русский язык.

Участие в олимпиаде индивидуальное, олимпиадные задания выполняются участником самостоятельно, без помощи посторонних лиц.

Сроки окончания этапов олимпиады: школьного этапа олимпиады – не позднее 1 ноября; муниципального этапа олимпиады – не позднее 25 декабря.

Школьный этап олимпиады проводится по заданиям, разработанным для 5-11 классов, муниципальный – для 7-11 классов. Участник каждого этапа олимпиады выполняет олимпиадные задания, разработанные для класса, программу которого он осваивает, или для более старших классов. В случае прохождения участников, выполнивших задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, программы которых они осваивают, на следующий этап олимпиады, указанные участники и на следующих этапах олимпиады выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на предыдущем этапе олимпиады, или более старших классов.

Методические рекомендации включают: методические подходы к составлению олимпиадных заданий школьного и муниципального этапов олимпиады; принципы формирования комплектов олимпиадных заданий; необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий; перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады; критерии и методику оценивания выполненных олимпиадных заданий.

Дополнительную информацию по представленным методическим материалам можно получить по электронной почте, обратившись по адресу: **Chem.olymp@mail.ru** или **ucheba.himfak.mgu@mail.ru** в центральную предметно-методическую комиссию всероссийской олимпиады школьников по химии.

## **1. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады**

### **1.1. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий**

В комплект олимпиадных заданий теоретического тура олимпиады по каждой возрастной группе (классу) входят:

- задания;
- бланки ответов;
- критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий, включающие подробные решения и систему оценивания.

В комплект олимпиадных заданий практического тура олимпиады по каждой возрастной группе (классу) входят:

- задания (условия, подробные решения и система оценивания);
- бланки ответов;
- методические рекомендации по подготовке и проведению практического тура (для организаторов);
- критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий.

При составлении заданий, бланков ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий необходимо соблюдать единый стиль оформления. Рекомендуемые технические параметры оформления материалов:

- размер бумаги (формат листа) – А4;
- размер полей страниц: правое – 1 см, верхнее и нижнее – 2 мм, левое – 3 см;
- размер колонтитулов – 1,25 см;

- отступ первой строки абзаца – 1,25 см;
- размер межстрочного интервала – 1,5;
- размер шрифта – кегль не менее 12;
- тип шрифта – Times New Roman;
- выравнивание – по ширине;
- нумерация страниц: страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в центре нижней части листа без точки с соблюдением сквозной нумерации ко всему документу;
- титульный лист должен быть включен в общую нумерацию страниц бланка ответов, номер страницы на титульном листе не ставится;
- рисунки и изображения должны быть хорошего разрешения (качества) и в цвете, если данное условие является принципиальным и необходимым для выполнения заданий;
- таблицы и схемы должны быть четко обозначены, сгруппированы и рационально размещены относительно параметров страницы.

Бланки ответов не должны содержать сведений, которые могут раскрыть содержание заданий.

При разработке бланков ответов необходимо учитывать следующее:

- первый лист бланка ответов – титульный. На титульном листе должна содержаться следующая информация: указание этапа олимпиады (школьный, муниципальный); текущий учебный год; поле, отведенное под код/шифр участника; строки для заполнения данных участником (Ф.И.О., класс, полное наименование образовательной организации);
- второй и последующие листы содержат поле, отведенное под код/шифр участника; указание номера задания; поле для выполнения задания участником (клетка 5мм); допустимо изготовление универсальных бланков для всех заданий. В этом случае номер задания участник должен вписывать самостоятельно, а нумерация листов должно производиться внутри решения одного задания (1.1, 1.2,... 2.1, 2.2,..., где первое число- номер задания, а второе – номер листа решения этого задания подпорядку).

## **1.2. Методические подходы к составлению заданий теоретического тура школьного этапа олимпиады**

*Задания олимпиады школьного и муниципального этапов должны быть оригинальными* (разработанными методическими комиссиями соответствующего этапа). За основу могут быть взяты задания олимпиад прошлых лет, опубликованные в сборниках и на интернет-порталах (см. список литературы, интернет-ресурсов). Допускается заимствование задач или элементов задач при условии, что числовые значения, природа анионов или

катионов (там, где они не важны) будут изменены. Задача должна иметь решение, не противоречащее здравому смыслу.

При разработке олимпиадных задач важную роль играют межпредметные связи, поскольку сегодня невозможно проводить полноценные исследования только в одной области науки, неизбежно будут затронуты смежные дисциплины. Знания по физике, биологии, геологии, географии и математике применяются в различных областях химии. Такие межпредметные задачи показывают тесную взаимосвязь естественных наук.

Задания олимпиады должны готовить участников к следующему этапу олимпиады. Задания школьного этапа должны содержать элементы заданий муниципального этапа, а задания муниципального – элементы заданий регионального этапа.

Олимпиадная задача – это единое целое. В неё входит **условие, развёрнутое решение, система оценивания.**

**Условия олимпиадных задач** могут быть сформулированы по-разному:

1) В начале формулируется условие задачи, в конце приводится вопрос или вопросы (для удобства оценивания лучше, если вопросов будет несколько). Внутри вопроса может содержаться дополнительная информация, которую сложно внедрить в текст условия;

2) Вопросы задачи формулируются в тексте условия, на том этапе, когда все необходимые данные для ответа на конкретный вопрос приведены. Это имеет смысл в случае достаточно большой задачи, и может быть лишним на школьном и муниципальном этапах.

Чтобы не загромождать текст условия задачи из него можно вынести в **дополнительную информацию** (после формулирования вопросов) необходимые формулы, правила перевода внесистемных единиц, используемых в задаче, справочные данные.

Олимпиадные задачи по химии можно разделить на три основные группы: **качественные, расчётные** (количественные) и **экспериментальные.**

В **качественных задачах** может потребоваться: объяснение экспериментальных фактов (например, изменение цвета в результате реакции); распознавание веществ; получение новых соединений; предсказание свойств веществ, возможности протекания химических реакций; описание, объяснение тех или иных явлений; разделение смесей веществ.

Классической формой качественной задачи является **задание со схемами превращений** (цепочками). (В схемах стрелки могут быть направлены в любую сторону, иногда даже в обе стороны (в этом случае каждой стрелке соответствуют два различных уравнения реакций). **Схемы превращений** веществ можно классифицировать следующим образом:

1. По объектам:
  - a. неорганические;
  - b. органические;
  - c. смешанные.
2. По форме схемы превращений (схемы могут быть линейными, разветвлёнными, циклическими).
3. По объёму и типу предоставленной информации:
  - a. Даны все вещества без указаний условий протекания реакций.
  - b. Все или некоторые вещества зашифрованы буквами. Разные буквы соответствуют разным веществам, условия протекания реакций не указаны.
  - c. Вещества в схеме полностью или частично зашифрованы буквами и указаны условия протекания реакций или реагенты.
  - d. В схемах вместо веществ даны элементы, входящие в состав веществ, в соответствующих степенях окисления.
  - e. Схемы, в которых органические вещества зашифрованы в виде брутто-формул.

Другая форма качественных задач – это *описание химического эксперимента* (мысленный эксперимент) с указанием условий проведения реакций и наблюдений. Данная форма позволяет более подробно описать условия синтезов и наблюдения, чем цепочка, она оправдана, если наблюдения дополняются количественной информацией.

В **расчётных (количественных) задачах** обычно необходимы расчёты состава вещества или смеси веществ (массовый, объёмный и мольный проценты); расчёты состава раствора (приготовление растворов заданной концентрации); расчёты с использованием газовых законов (закон Авогадро, уравнение Клапейрона-Менделеева); вывод химической формулы вещества; расчёты по химическим уравнениям (стехиометрические соотношения); расчёты с использованием законов химической термодинамики (закон сохранения энергии, закон Гесса); расчёты с использованием законов химической кинетики (закон действия масс, правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса), расчёты с использованием констант равновесия. В рамках школьного этапа такие задачи могут быть в качестве самостоятельных, но уже на муниципальном уровне желательно чтобы участник на основании количественных расчётов делал также качественные выводы.

Чаще всего олимпиадные задания включают в себя несколько типов задач, т. е. являются **комбинированными**. В задаче может быть избыток или недостаток данных. В случае избытка школьник должен выбрать те данные, которые необходимы для ответа на поставленный в задаче вопрос. В случае недостатка данных школьнику необходимо показать умение пользоваться источниками справочной информации (необходимо

предусмотреть её наличие у участников) и извлекать необходимые для решения данные. В химии, благодаря ограниченному количеству элементов при недостатке данных можно рассмотреть ограниченное число вариантов, следует отметить, что условие задачи, должно содержать информацию, позволяющую на основании перебора сделать однозначные выводы.

### **Минимальный уровень требований к заданиям теоретического тура**

В теоретическом туре **школьного этапа** олимпиады предметно-методическим комиссиям необходимо разработать задания, раскрывающие обязательное базовое содержание образовательной области и требования к уровню подготовки выпускников основной и средней школы по химии.

Для учащихся 9, 10 и 11 классов задания теоретического тура школьного этапа должны быть разработаны отдельно для каждого класса (параллели), для учащихся 5-8 классов, как отдельно для каждого класса, так и для возрастных групп, объединяющих несколько классов (параллелей).

К олимпиадным заданиям предъявляются следующие общие требования:

- соответствие уровня сложности заданий заявленной возрастной группе;
- тематическое разнообразие заданий (*задания должны относиться к различным разделам химии, особенно в старших классах*);
- корректность формулировок заданий;
- указание максимального балла за каждое задание и за тур в целом;
- соответствие заданий критериям и методике оценивания;
- наличие заданий, выявляющих склонность к научной деятельности и высокий уровень интеллектуального развития участников;
- наличие заданий, выявляющих склонность к получению специальности, для поступления на которую(-ые) могут быть потенциально востребованы результаты олимпиады;
- недопустимо наличие заданий, противоречащих правовым, этическим, эстетическим, религиозным нормам, демонстрирующих аморальные, противоправные модели поведения и т.п.;
- недопустимо наличие заданий, представленных в неизменном виде, дублирующих задания прошлых лет, в том числе для другого уровня образования;
- задание олимпиады даже на школьном уровне должно быть сложным, т.е. не должно предполагать решение в одно действие.

При разработке критериев и методики выполненных олимпиадных заданий важно руководствоваться следующими требованиями:

- предлагаемое решение должно быть единственным (желательно) или нужно рассмотреть все возможные варианты решения;
- каждый шаг решения должен оцениваться, при нескольких вариантах решения, верные ответы на вопросы должны оцениваться одинаково, независимо от пути решения;
- система оценивания должна содержать оценки за ответы на заданные в задаче вопросы и их детализацию в зависимости от пути решения;
- при разработке системы оценивания расчетных задач необходимо предусмотреть отсутствие «двойного наказания» (если в расчете допущена ошибка, которая повлекла за собой неверные результаты в последующих вычислениях, то баллы снимаются только за самую первую ошибку при условии, что новых ошибок не допущено, а полученный результат имеет физический смысл).

### **1.3. Методические подходы к составлению заданий практического тура школьного этапа олимпиады**

**Задания практического тура олимпиады должны дать возможность выявить и оценить:**

- экспериментальные навыки;
- наблюдательность;
- знание основных свойств веществ и качественных реакций.

Практический тур должен включать задания качественного, полуколичественного или количественного анализа. Если участникам предлагается синтез, то обязательна стадия выделения вещества и его анализа (доказательство состава, анализ на возможные примеси). Вместо синтеза можно предложить участникам очистку вещества, например, методом перекристаллизации, качественный анализ очищенного вещества также обязателен. Следует отметить, что для оценивания синтетических задач необходимо разработать систему оценивания, исключающую параметры, которые не могут быть проверены жюри.

При составлении заданий качественного анализа желательно подбирать вещества по различиям в их кислотно-основных свойствах, окислительно-восстановительных, а не делать упор на уникальные качественные реакции конкретных ионов. Для определения веществ можно предусмотреть недостаточный набор «открытых» реагентов (недостаточный для определения всех неизвестных веществ, в качестве реагентов в этом случае можно использовать открытые вещества или проводить «слепые» опыты между неизвестными, которые позволят открыть их) или избыточный (участник должен выбрать из представленных веществ необходимые и провести опыты, в этом случае возможно большое количество вариантов решения, что затруднит оценивание).

Если проведение практического тура невозможно, то в комплект теоретического тура необходимо включить задачу, требующая мысленного эксперимента.

## **2. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий муниципального этапа олимпиады**

Основные принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий муниципального этапа олимпиады соответствуют аналогичным принципам и подходам школьного этапа, приведённым в п. 1. при этом следует учитывать ряд отличий.

Для учащихся 9, 10 и 11 классов задания теоретического тура школьного этапа могут быть разработаны отдельно для каждого класса (параллели), для учащихся 7-8 классов, как отдельно для каждого класса, так и для возрастной группы, включающей оба класса (параллели).

При формировании комплекта олимпиадных заданий для параллели необходимо учитывать, с какими темами школьники уже ознакомились в курсе химии. Однако при этом **комплект должен содержать задачи по всем разделам химии**. Недопустимо включение в комплект 10 или 11 класса задач только по органической химии или каким-то другим текущим темам школьного курса. Комплект должен охватывать весь материал школьного курса, пройденный к моменту проведения этапа олимпиады.

## **3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий школьного этапа олимпиады**

Для проведения всех мероприятий олимпиады необходима соответствующая материальная база, которая включает в себя элементы для проведения *одного или двух туров: теоретического и практического*.

**Теоретический тур.** Каждому участнику должны быть предоставлены задания, периодическая система Д.И. Менделеева, таблица растворимости и ряд напряжений металлов, проштампованные тетради в клетку или листы бумаги формата А4 для ответов. Желательно обеспечить участников ручками с чернилами одного, установленного организатором цвета.

**Практический тур.** Для проведения практического тура, центральная предметно-методическая комиссия рекомендует предусмотреть следующее оборудование: реактивы и оборудование, которыми укомплектована школа, при необходимости организаторы должны предусмотреть закупку простого оборудования (пробирки, колбы и т.д.) и реактивов для



проведения школьного этапа в соответствии с требованиями, разработанными муниципальными методическими комиссиями.

#### **4. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий муниципального этапа олимпиады**

Для проведения всех мероприятий олимпиады необходима соответствующая материальная база, которая включает в себя элементы для проведения *одного или двух туров: теоретического и практического.*

**Теоретический тур.** Каждому участнику должны быть предоставлены задания, периодическая система Д.И. Менделеева, таблица растворимости и ряд напряжений металлов, бланки ответов. Желательно обеспечить участников ручками с чернилами одного, установленного организатором цвета.

**Практический тур.** Для проведения практического тура, центральная предметно-методическая комиссия рекомендует предусмотреть следующее оборудование: реактивы и оборудование, которыми укомплектована школа, при необходимости организаторы должны предусмотреть закупку простого оборудования (пробирки, колбы, бюретки и т.д.) и реактивов для проведения муниципального этапа в соответствии с требованиями, разработанными региональными методическими комиссиями.

#### **5. Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады**

При выполнении заданий теоретического и практического туров олимпиады допускается использование только справочных материалов, предоставленных организаторами, непрограммируемых калькуляторов. Запрещается пользоваться принесенными с собой справочными материалами, средствами связи и электронно-вычислительной техникой.

#### **6. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий**

Система и методика оценивания олимпиадных заданий должна позволять объективно выявить реальный уровень подготовки участников олимпиады.

С учетом этого, при разработке методики оценивания олимпиадных заданий предметно-методическим комиссиям рекомендуется:

– по всем теоретическим и практическим заданиям начисление баллов производить целыми, а не дробными числами;

– общий результат по итогам как теоретического, так и практического туров оценивать путем сложения баллов, полученных участниками за каждое теоретическое или практическое задание.

Оценка выполнения участником любого задания **не может быть отрицательной**, минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания **0 баллов**.

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий теоретического и практического туров с последующим приведением к 100 балльной системе (максимальная оценка по итогам выполнения заданий 100 баллов, например, теоретический тур не более 100 баллов, практический тур не более 40 баллов, тогда  $(100 + 40) \div 1.4 = 100$ ). Результат вычисления округляется до сотых, например, участник выполнил задания теоретического тура на 92 балла, задания практического тура на 33 балла;

Итоговая оценка  $(92 + 33) \div 1.4 = 125 \div 1.4 = 89.2857\dots$ , т.е. округлённо **89.29**.

## 7. Примеры задач с решениями и системой оценивания

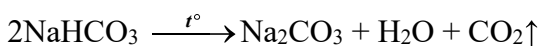
### Задача 1

#### Условие задачи

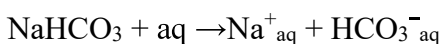
Известно, что в качестве разрыхлителя для теста используется пищевая сода (бикарбонат или гидрокарбонат натрия), так как в результате термического разложения этого соединения или при взаимодействии с кислотой образуется газ, разрыхляющий тесто. В качестве кислоты может быть, например, мёд, имеющий  $\text{pH} < 7$ . Напишите уравнения упомянутых реакций. Уравнение реакции с кислотами напишите в молекулярно-ионной форме, чтобы не писать все кислоты, которые могут встречаться в продуктах питания.

Какие ещё вещества могут быть использованы (используются) в качестве разрыхлителей. Приведите пример такого вещества, обоснуйте свой выбор, напишите уравнения реакций, которые могут протекать при взаимодействии с кислотами и нагревании.

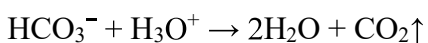
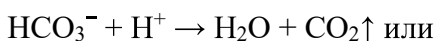
#### Решение:



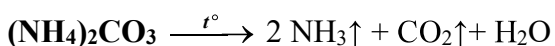
Гидрокарбонат натрия в воде диссоциирует на ионы:

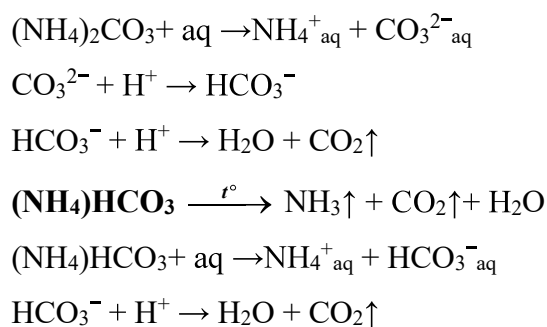


С кислотами реагирует только гидрокарбонат-ион:



В качестве разрыхлителя можно предложить карбонат аммония:





**Система оценивания:**

- |    |  |         |
|----|--|---------|
| 1. | Реакция термического разложения гидрокарбоната натрия                                | 2 балла |
| 2. | Реакция гидрокарбонат-иона с протоном или гидроксонием                               | 2 балла |
| 3. | Обоснованный выбор вещества  | 2 балла |
| 4. | Реакция термического разложения предложенного разрыхлителя                           | 2 балла |
| 5. | Реакция продуктов диссоциации предложенного разрыхлителя с протоном или гидроксонием | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

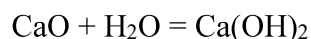
**Задача 2**

**Условие задачи**

При пропускании паров воды через оксид кальция масса реакционной смеси увеличилась на 9,65%. Определите процентный состав полученной твердой смеси.

**Решение**

Запишем уравнения химической реакции:



Конечная смесь является твёрдым веществом и может состоять только из гидроксида кальция или смеси оксида с гидроксидом кальция, поэтому можно сделать вывод, что вода прореагировала полностью и прирост массы реакционной смеси равен массе прореагировавшей воды.

*Проведём расчёты:*

пусть исходное количество оксида кальция равно  $x$  моль, тогда:

$$\text{масса прореагировавшей воды: } m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CaO}) \cdot \nu(\text{CaO}_{\text{исх}}) \cdot \omega = (40+16) \cdot x \cdot 0,0965 = 5,4x,$$

$$\text{количество моль прореагировавшей воды: } \nu(\text{H}_2\text{O}) = 5,4x/18 = 0,3x,$$

так как по уравнению реакции CaO и H<sub>2</sub>O реагируют в соотношении 1:1, количество реагирующих веществ равны:  $\nu(\text{CaO}_{\text{реак}}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,3x$ .

Зная количества веществ, можно определить массы оставшегося CaO и образовавшегося Ca(OH)<sub>2</sub>:

$$m(\text{CaO}_{\text{ост.}}) = 0,7 \cdot x \cdot (40+16) = 39,2x, \quad m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = (40+32+2) \cdot 0,3x = 22,2x,$$

при этом общая масса конечной смеси  $m(\text{смеси}) = 61,4x$ .

$$\omega(\text{CaO}) = 100\% \cdot 39,2x / 61,4x = 63,84\%$$

$$\omega(\text{Ca(OH)}_2) = 100\% \cdot 22,2x / 61,4x = 36,16\%$$

Те же результаты можно получить, предположив, что исходная смесь содержит 1 моль оксида кальция, т.е.  $x = 1$ .

Ответ:  $\omega(\text{CaO}) = 63,84\%$      $\omega(\text{Ca(OH)}_2) = 36,16\%$

**Система оценивания:**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Уравнение химической реакции                                      | 2 балла |
| 2. Обоснованный вывод о том, что вода прореагировала полностью       | 1 балл  |
| 3. Обоснованный вывод о том, что представляет собой полученная смесь | 2 балла |
| 4. Расчёт массы CaO в полученной смеси                               | 2 балла |
| 5. Расчёт массы Ca(OH) <sub>2</sub> в полученной смеси               | 1 балл  |
| 6. Расчёт массы полученной смеси                                     | 1 балл  |
| 7. Расчёт $w(\text{CaO})$  | 1 балл  |
| 8. Расчёт $w(\text{Ca(OH)}_2)$                                       | 1 балл  |

ИТОГО: 10 баллов

### Задача 3

#### Условие задачи

Известь является одним из наиболее распространённых и разносторонне используемых химических продуктов, производимых и потребляемых по всему миру. Общемировое производство негашёной извести (оксид кальция) оценивается в 300 млн тонн в год. Получают её обжигом известняка (карбонат кальция) при температуре 1100-1200 °С. При взаимодействии негашёной извести с водой происходит процесс гашения и получается гашёная известь (гидроксид кальция).

1. Напишите уравнения реакций, приводящих к получению гашёной извести из известняка. Приведите по 1 примеру использования извести дома (в квартире) и в саду (огороде, на даче).

2. Оцените массу известняка, расходуемую ежегодно на производство извести, и массу гашёной извести, которую можно было получать каждый год, погасив всю известь.

Насыщенный водный раствор гашёной извести называется «известковая вода» и используется как качественный реактив на углекислый газ. В 100 г такого раствора содержится всего 0,16 г самой гашёной извести. Плотность этого раствора практически не отличается от плотности чистой воды ( $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ г/мл}$ ).

3. Какие видимые изменения происходят с известковой водой при пропускании через неё углекислого газа? Напишите уравнение реакции.

4. Рассчитайте для 300 г известковой воды:

- а) количество ионов кальция (в штуках);
- б) концентрацию гидроксид-ионов в моль/л;
- в) массу углекислого газа, которую этот раствор может поглотить с образованием максимального количества осадка;

г) минимальный объём углекислого газа (н.у.), который следует пропустить через этот раствор, чтобы выпадающий вначале осадок полностью растворился. Напишите уравнение реакции.

5. Из перечисленного списка веществ: хлорид натрия, хлорид меди, хлороводород, оксид серы(IV), оксид натрия, оксид меди(II):

- а) выберите и укажите вещества, с которыми известковая вода не реагирует;
- б) выберите и укажите вещества, с которыми известковая вода реагирует, и напишите уравнения реакций.

### Решение

1. Уравнения реакций:  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$ ;  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ .

Дома известь используют при ремонте (побелка, добавление в штукатурные, шпаклёвочные и другие вяжущие смеси), в саду для борьбы с вредителями и для предотвращения солнечных ожогов белят стволы деревьев и кустарников, а также известкуют кислые почвы.

2. По уравнениям реакций из 1 моля ( $40+12+3\cdot 16 = 100$  г) известняка получается 1 моль ( $40+16 = 56$  г) негашёной извести, а затем 1 моль ( $40+2\cdot(16+1) = 74$  г) гашёной. Соответственно, для получения 300 млн т негашёной извести требуется  $300\cdot 100/56 = 536$  млн т известняка. Масса гашёной извести, которую можно получать каждый год, погасив всю известь, составляет  $300\cdot 74/56 = 396$  млн т.

3. При пропускании углекислого газа через прозрачную известковую воду наблюдается её помутнение.

Уравнение реакции:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ .

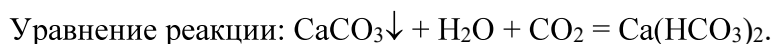
4. В 300 г известковой воды содержится  $0,16\cdot 300/100 = 0,48$  г  $\text{Ca(OH)}_2$ , что составляет  $0,48/(40+2\cdot 17) = 6,49\cdot 10^{-3}$  моля. Отвечаем по пунктам:

- а) количество ионов кальция будет равно  $6,49\cdot 10^{-3}\cdot 6,02\cdot 10^{23} = 3,91\cdot 10^{21}$  штук;
- б) молярная концентрация гидроксид-ионов  $2\cdot 6,49\cdot 10^{-3}/0,3 = 0,0433$  моль/л;
- в) осадок, образующийся в реакции с углекислым газом, – карбонат кальция.

Уравнение реакции:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ .

Его максимальное количество равно количеству  $\text{Ca(OH)}_2$ , для чего в молях необходимо столько же  $\text{CO}_2$ , масса которого составит  $6,49\cdot 10^{-3}\cdot 44 = 0,286$  г;

г) при избытке углекислого газа осадок растворяется.



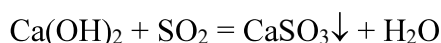
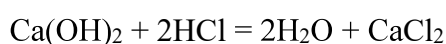
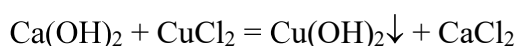
Чтобы он растворился весь, требуется как минимум ещё столько же  $\text{CO}_2$  ( $6,49 \cdot 10^{-3}$  моля), т.е. всего  $2 \cdot 6,49 \cdot 10^{-3} = 12,98 \cdot 10^{-3}$  моля.

Минимальный объём углекислого газа при н.у. составит  $12,98 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = \mathbf{0,291}$  л.

5. а) Не реагирует известковая вода только с хлоридом натрия и оксидом меди;

б) с остальными 4 веществами известковая вода реагирует, причём оксид натрия реагирует не с растворённой известью, а с водой.

Уравнения реакций:



**Система оценивания:**

1. Два уравнения реакций по 1 баллу	2 балла
Два примера использования извести по 1 баллу	2 балла
2. Верные расчёты масс известняка и гашёной извести по 2 балла	2+2 = 4 балла
3. Помутнение 1 балл, уравнение реакции 1 балл	1+1 = 2 балла
4. Верные расчёты а)–г) по 2 балла, уравнение реакции г) 1 балл	4·2+1= 9 баллов
5. Верные указания реагирует/не реагирует по 0,5 балла	6·0,5 = 3 балла
Уравнения реакций по 1 баллу	4·1= 4 балла
ИТОГО:	26 баллов

#### Задача 4 (практический тур)

На практических турах школьных химических олимпиад участникам можно предложить выполнить задачу по распознаванию водных растворов различных веществ. Для решения таких задач от участника требуется не только знание различных качественных реакций, но и наблюдательность, логическое мышление, аккуратность и другие весьма важные качества для химика-экспериментатора.

Для проведения такого тура необходимо:

- несколько пронумерованных пробирок с исследуемыми растворами;
- пробирки с подписанными растворами веществ, с помощью которых проводится определение;
- свободная пробирка или несколько пробирок для проведения опытов;
- стакан с дистиллированной водой для промывки пробирок и большой стакан для слива;

- желательно расположить все пробирки в штативе на пластиковом подносе.

### Задание

Установите содержимое пронумерованных пробирок **1-8**, используя вспомогательные растворы нитрата серебра, серной кислоты, гидроксида натрия. Пронумерованные пробирки содержат растворы сульфата меди(II), карбоната натрия, перманганата калия, сульфида натрия, хлорида аммония, хлорида никеля, нитрата алюминия, хромата калия.

1. Напишите формулы предложенных для распознавания солей.

2. Исследуйте взаимодействие всех неокрашенных веществ со всеми вспомогательными растворами. Для этого небольшое количество исследуемого раствора перелейте в чистую пробирку, добавьте несколько капель вспомогательного раствора, перемешайте, запишите наблюдения в таблицу:

Анализируемые вещества		Пробирка №__	Пробирка №__	Пробирка №__	Пробирка №__
Изменения, происходящие при добавлении	AgNO <sub>3</sub>				
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				
	NaOH				

Вылейте содержимое пробирки в стакан для слива, промойте пробирку несколько раз водой.

3. Напишите уравнения всех реакций, которые были использованы для распознавания бесцветных растворов.

4. Руководствуясь окрасками растворов веществ, попробуйте соотнести номер пробирки с формулами соответствующих солей. Испытайте действие щёлочи и кислоты на растворы окрашенных солей, заполните таблицу:

Анализируемые вещества		Пробирка №__	Пробирка №__	Пробирка №__	Пробирка №__
Изменения, происходящие при добавлении	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				
	NaOH				

5. Напишите уравнения всех реакций, протекающих при взаимодействии растворов кислоты и щёлочи с исследуемыми растворами.

### Решение

1. Сульфат меди(II) –  $\text{CuSO}_4$ , карбонат натрия –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , перманганат калия –  $\text{KMnO}_4$ , сульфид натрия –  $\text{Na}_2\text{S}$ , хлорид аммония –  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , хлорид никеля –  $\text{NiCl}_2$ , нитрат алюминия –  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , хромата калия –  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

2. Перечисленные растворы можно разделить на две группы: половина из них окрашена в различные цвета, другие бесцветны:

Окрашенные	Неокрашенные
$\text{CuSO}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
$\text{KMnO}_4$	$\text{Na}_2\text{S}$
$\text{NiCl}_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$
$\text{K}_2\text{CrO}_4$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

Составим теоретическую таблицу, расположив по горизонтали вещества, которые нам нужно определить, а по вертикали дополнительные реагенты. На пересечении каждого столбца и строки укажем явления, которые мы бы наблюдали при сливании этих растворов.

Анализируемые вещества		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{Na}_2\text{S}$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	$\text{NH}_4\text{Cl}$
Изменения, происходящие при добавлении	$\text{AgNO}_3$	Белый осадок реакция 1а	Чёрный осадок реакция 2а	Нет видимых изменений	Белый творожистый осадок реакция 3а
	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Вскипание раствора (выделяется газ без запаха) реакция 1б	Появление запаха тухлых яиц реакция 2б	Нет видимых изменений	Нет видимых изменений
	$\text{NaOH}$	Нет видимых изменений	Нет видимых Изменений	Белый осадок реакция 4а, который исчезает при добавлении избытка $\text{NaOH}$ реакция 4б	Появление запаха аммиака реакция 3б



Сопоставив полученную таблицу с результатами эксперимента, приходим к выводу, что в пробирках с бесцветными растворами находятся следующие вещества:

– в той пробирке, где выпал белый осадок при добавлении  $\text{AgNO}_3$ , при добавлении кислоты выделялся газ без цвета и запаха (наблюдалось вскипание), а при добавлении щёлочи видимых изменений не было, находился **p-p  $\text{Na}_2\text{CO}_3$**  (это пробирка № \_\_);

– в той пробирке, где выпал чёрный осадок при добавлении  $\text{AgNO}_3$ , при добавлении кислоты был запах тухлых яиц, а при добавлении щёлочи видимых изменений не было, находился **p-p  $\text{Na}_2\text{S}$**  (это пробирка № \_\_);

– в той пробирке, где выпал белый творожистый осадок при добавлении  $\text{AgNO}_3$ , при добавлении щёлочи был запах аммиака, а при добавлении кислоты видимых изменений не было, находился **p-p  $\text{NH}_4\text{Cl}$**  (это пробирка № \_\_);

– в той пробирке, где выпал белый осадок при добавлении  $\text{NaOH}$ , который растворялся в избытке щёлочи, а при добавлении кислоты или нитрата серебра видимых изменений не было, находился **p-p  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$**  (это пробирка № \_\_)<sup>38</sup>.

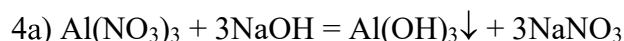
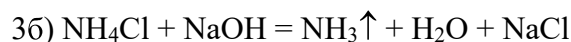
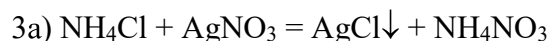
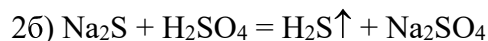
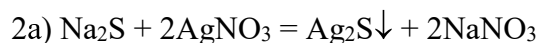
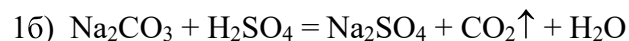
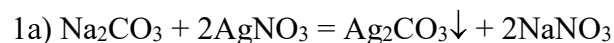
Итак: в пробирке № \_\_ находится **p-p  $\text{Na}_2\text{CO}_3$**

в пробирке № \_\_ находится **p-p  $\text{Na}_2\text{S}$**

в пробирке № \_\_ находится **p-p  $\text{NH}_4\text{Cl}$**

в пробирке № \_\_ находится **p-p  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$**

### 3. Уравнения реакций:



4. Ниже предлагается соответствие окрасок растворов и номеров пробирок в одном из вариантов для распознавания.

Номер пробирки				
Окраска раствора	жёлтая	Зелёная	голубая	от розовой до фиолетовой

<sup>38</sup> Вместо «\_\_» школьник пишет номер пробирки, который написал лаборант.

Окраска водных растворов обусловлена присутствием в них следующих ионов: голубая –  $\text{Cu}^{2+}$ , зелёная –  $\text{Ni}^{2+}$ , жёлтая –  $\text{CrO}_4^{2-}$ , от розовой до фиолетовой –  $\text{MnO}_4^-$ . Эти знания позволяют установить содержимое пробирок с окрашенными растворами:

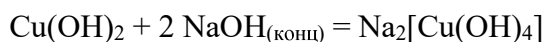
№ \_\_ – р-р  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , № \_\_ – р-р  $\text{NiCl}_2$ , № \_\_ – р-р  $\text{CuSO}_4$ , № \_\_ – р-р  $\text{KMnO}_4$ .

Составим теоретическую таблицу, расположив по горизонтали вещества, которые нам нужно определить, а по вертикали дополнительные реагенты. На пересечении каждого столбца и строки укажем явления, которые мы бы наблюдали при сливании этих растворов.

Анализируемые вещества		$\text{CuSO}_4$	$\text{NiCl}_2$	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	$\text{KMnO}_4$
Изменения, происходящие при добавлении	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Нет видимых изменений	Нет видимых Изменений	Р-р изменил окраску на оранжевую	Нет видимых изменений
	$\text{NaOH}$	Выпал осадок синего цвета	Выпал яблочно-зелёный осадок	Нет видимых изменений	Нет видимых изменений

Приведены наблюдения при сливании разбавленных растворов.

Если использовать концентрированный раствор  $\text{NaOH}$ , то в избытке этого раствора растворится синий осадок гидроксида меди:

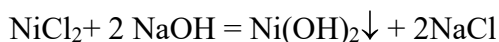
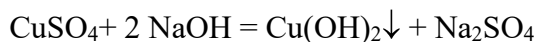


Кроме этого, возможно изменение окраски раствора перманганата калия в щелочной среде из-за разложения:



Раствор приобретёт сначала тёмную, почти чёрную, окраску из-за смешения зелёного и фиолетового, а потом станет зелёным.

**5. Уравнения реакций:**



**Система оценивания:**

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. Формулы солей по 0,5 балла                          | $0,5 \cdot 8 = 4$ балла   |
| 2. Соотнесение солей по признакам реакций по 0,5 балла | $0,5 \cdot 4 = 2$ балла   |
| Заполнение таблицы с наблюдениями по 0,5 балла         | $0,5 \cdot 12 = 6$ баллов |
| 3. Уравнения реакций по 1 баллу                        | $1 \cdot 8 = 8$ баллов    |
| 4. Соотнесение солей по цвету по 0,5 балла             | $0,5 \cdot 4 = 2$ балла   |

Заполнение таблицы с наблюдениями по 0,5 балла	$0.5 \cdot 8 = 4$ балла
5. Уравнения реакций по 1 баллу	$1 \cdot 3 = 3$ балла
ИТОГО: 29 баллов	

### **9. Использование учебной литературы и Интернет-ресурсов при подготовке школьников к олимпиаде**

При подготовке участников к школьному и муниципальному этапам олимпиады целесообразно использовать следующие нижеприведенные источники.

1. Архангельская О.В., Жиров А.И., Еремин В.В., Лебедева О.К., Решетова М.Д., Теренин В.И., Тюльков И.А. Задачи всероссийской олимпиады школьников по химии / Под ред. Акад. РАН, проф. В.В. Лунина. – М.: Экзамен, 2003.
2. Белых З.Д. Проводим химическую олимпиаду. – Пермь: Книжный мир, 2001.
3. Вступительные экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета. Учеб. пособие / Н. Кузьменко, В. Теренин, О. Рыжова и др. – М.: Издательство Московского университета, 2011.
4. Дунаев С.Ф., Жмурко Г.П., Кабанова Е.Г., Казакова Е.Ф., Кузнецов В.Н., Филиппова С.Е., Яценко А.В. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. – М.: Книжный дом «Университет», 2016.
5. Ерёмин В. В. Теоретическая и математическая химия для школьников. – М.: МЦНМО, 2014.
6. Ерёмин Е. А., Рыжова О. Н. Химия: Справочник школьника: Учеб. пособие. – М.: Издательство Московского университета. 2014.
7. Кузьменко Н.Е., Ерёмин В.В., Попков В.А. Начала химии для поступающих в вузы. – М.: Лаборатория знаний, 2016.
8. Леенсон И. Как и почему происходят химические реакции. Элементы химической термодинамики и кинетики. – М.: ИД «Интеллект», 2010.
9. Лисицын А.З., Зейфман А.А. Очень нестандартные задачи по химии / Под ред. В.В. Ерёмин. М.: МЦНМО, 2015.
10. Лунин В., Тюльков И., Архангельская О. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 1. (Пять колец) / Под ред. акад. В. В. Лунина. – М.: Просвещение, 2010.
11. Лунин В., Тюльков И., Архангельская О. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 2. (Пять колец) / Под ред. акад. В. В. Лунина. – М.: Просвещение, 2012.
12. МГУ – школе. Варианты экзаменационных и олимпиадных заданий по химии: 2019. – М.: Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2019 (ежегодное издание, см. предыдущие годы).
13. Научно-методический журнал «Химия в школе».

14. Органическая химия. В 2 т. / Под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2008.
15. Потапов В.М., Татаринчик С.Н. Органическая химия. – М.: Химия, 1989.
16. Свитанько И.В., Кисин В.В., Чуранов С.С. [Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач](#): Учеб. пособие для подготовки к олимпиадам школьников по химии. – М.: Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова; М.: Высший химический колледж РАН; М.: Издательство физико-математической литературы (ФИЗМАТЛИТ), 2012.
17. Теренин В.И., Саморукова О.Л., Архангельская О.В., Апяри В.В., Ильин М.А. Задачи экспериментального тура всероссийской олимпиады школьников по химии / Под ред. акад. РАН, проф. В. В. Лукина; Фонд Андрея Мельниченко. – М.: Альфа Принт, 2019.
18. Хаусткрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии. В 2 т.: Пер. с англ.– М.: Мир, 2002.
19. Чуранов С.С., Демьянович В.М. Химические олимпиады школьников. – М.: Знание, 1979.
20. Энциклопедия для детей. – Т. 17. Химия. – М: Аванта+, 2003.

#### *Интернет-ресурсы*

1. Раздел «Школьные олимпиады по химии» портала «ChemNet» <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/>
2. Электронная библиотека учебных материалов по химии портала «ChemNet» <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>
3. Архив задач на портале «Олимпиады для школьников» <https://olimpiada.ru/activities>
4. Сайт «Всероссийская олимпиада школьников в г. Москве» <http://vos.olimpiada.ru/>