

**Утверждены на заседании центральной
предметно-методической комиссии
всероссийской олимпиады школьников
по химии 09.06.2023 г. (Протокол № 13)**

**Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов
всероссийской олимпиады школьников по химии
в 2023/24 учебном году**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады	4
1.1. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий.....	4
1.2. Методические подходы к составлению заданий теоретического тура школьного этапа олимпиады.....	5
1.3. Методические подходы к составлению заданий практического тура школьного этапа олимпиады.....	9
Задания практического тура олимпиады должны дать возможность выявить и оценить:	9
2. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий муниципального этапа олимпиады	10
3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий школьного этапа олимпиады	10
4. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий муниципального этапа олимпиады	11
5. Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады.....	11
6. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий.....	11
7. Примеры задач с решениями и системой оценивания.....	12
8. Использование учебной литературы и интернет-ресурсов при подготовке школьников к олимпиаде.....	24

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, формирования 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 01 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.

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: **dean@chemistry.msu.ru** (Карлов Сергей Сергеевич) или **chem.olymp@mail.ru** (Долженко Владимир Дмитриевич) в центральную предметно-методическую комиссию (далее – ЦПМК) 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. В качестве бланков допустимо использовать тетрадные листы с печатью образовательной организации, в которой проводится школьный этап, точно такие же листы в качестве черновиков.

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 5 мм); 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 по порядку).

Комплект заданий школьного этапа для каждого класса (возрастной группы) должен уместиться на одном листе формата А4.

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.

Некоторые задания школьного этапа могут показывать роль химии в окружающем человеке мире и в жизни общества.

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) Вначале 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 раствора в результате протекания химической 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:

- а) неорганические;
- б) органические;
- с) смешанные.

2. По форме схемы превращений (схемы могут быть линейными, разветвлёнными, циклическими).

3. По объёму и типу предоставленной информации:

- а) даны все вещества без указаний условий протекания реакций;
- б) все или некоторые вещества зашифрованы буквами. Разные буквы соответствуют разным веществам, условия протекания реакций не указаны;
- с) вещества в схеме полностью или частично зашифрованы буквами и указаны условия протекания реакций или реагенты;
- д) в схемах вместо веществ даны элементы, входящие в состав веществ, в соответствующих степенях окисления;
- е) 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, для учащихся 5-8 классов – как отдельно для каждого класса, так и для возрастных групп, объединяющих несколько классов.

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 не должно быть тривиальным, 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 или окислительно-восстановительных свойствах, а не делать упор на уникальные качественные реакции конкретных ионов. Для определения веществ можно предусмотреть недостаточный набор «открытых» реагентов (недостаточный для идентификации 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, требующую 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 муниципального этапа должны быть разработаны отдельно для каждого класса, для учащихся 7-8 классов задания могут разрабатываться 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 установленного организатором цвета.

Практический тур. Для проведения практического тура ЦПМК 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 (региональными) 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 напряжения металлов, бланки ответов. Желательно обеспечить участников ручками с чернилами одного, установленного организатором цвета.

Практический тур. Для проведения практического тура ЦПМК 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 или части задания **не может быть отрицательной**. Минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания, составляет **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 составляет 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 $(92 + 33) \div 1,4 = 125 \div 1,4 = 89,2857...$, т.е. округлённо **89,29**.

7. Примеры задач с решениями и системой оценивания

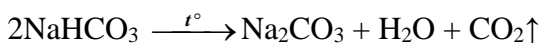
Задача 1

Условие задачи

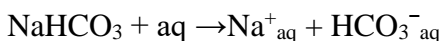
Известно, что в качестве разрыхлителя для теста используется пищевая сода (бикарбонат или гидрокарбонат натрия), так как в результате термического разложения этого соединения или при взаимодействии с кислотой образуется газ, разрыхляющий тесто. В качестве кислоты может быть, например, мёд, имеющий $\text{pH} < 7$. 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.

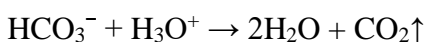
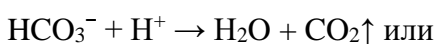
Решение:



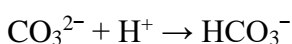
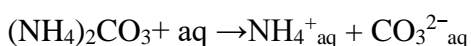
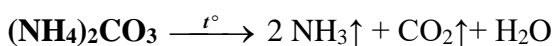
Гидрокарбонат натрия в воде диссоциирует на ионы:

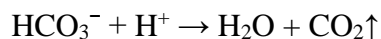
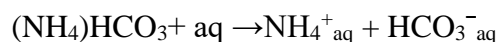
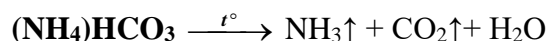
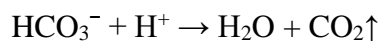


С кислотами реагирует только гидрокарбонат-ион:



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

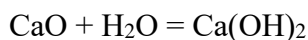
Задача 2

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:

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

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

так как по уравнению реакции CaO и H₂O реагируют в соотношении 1:1, количество реагирующих веществ равны: $\nu(\text{CaO}_{\text{реак}}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Ca(OH)}_2) = 0,3x$.

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

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

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:

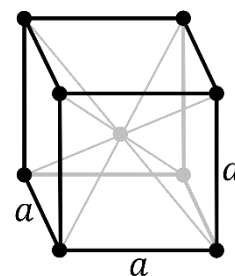
- | | |
|--|---------|
| 1. Уравнение химической реакции | 2 балла |
| 2. Обоснованный вывод о том, что вода прореагировала полностью | 1 балл |
| 3. Обоснованный вывод о том, что представляет собой полученная смесь | 2 балла |
| 4. Расчёт массы CaO в полученной смеси | 2 балла |
| 5. Расчёт массы Ca(OH) ₂ 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

Альфа-железо имеет кубическую объёмно-центрированную элементарную ячейку структуру (см рис.), плотность железа 7.874 г/см^3 . Определите молярный объём железа. Вычислите параметр a , оцените радиус атома железа, считайте, что сферические атомы касаются друг друга. Согласно атомной теории, «всё состоит из атомов и пустоты», если считать атом сферическим, определите долю «пустоты».



Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$.

Решение

Объём одного моля железа составляет $V_M = M \cdot \rho = 55.845 / 7.874 = 7.09 \text{ см}^3$.

Для определения размера ячейки a , нужно определить число атомов в ячейке: в центре находится 1 атом, в каждой вершине находится $\frac{1}{8}$ атома, т.е. внутри ячейки находится 2 атома железа ($Z = 2$). Тогда объём одной элементарной ячейки $V_{\text{я}} = Z \cdot V_M / N_A = 2 \cdot 7.09 / (6.02 \cdot 10^{23}) = 23.56 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3 = 23.56 \text{ \AA}^3$. Тогда $a = (23.56)^{1/3} = 2.867 \text{ \AA}$.

Для определения радиуса атома, нужно найти кратчайшее расстояние. Расстояние между атомами в вершинах равно a , между атомом в вершине и атомом в центре ячейки составляет $\sqrt{3}/2 \cdot a$. Второе расстояние короче и равно $\sqrt{3}/2 \cdot 2.867 = 2.483 \text{ \AA}$. Тогда радиус атома равен половине этого расстояния $r(\text{Fe}) \approx 1.241 \text{ \AA}$.

Каждый атом занимает объём $V_A = \frac{4}{3}\pi R^3 = 8.014 \text{ \AA}^3$. В ячейке содержится 2 атома, тогда их доля составляет $2 \cdot V_A / V_{\text{я}} 100\% = 68.03\%$, тогда доля «пустоты» составляет 31.97% .

Система оценивания:

1. Определение молярного объёма	2 балла
2. Вычисление размера ячейки – 3 балла	3 балла
из них число атомов в ячейке – 1 балл	
объём ячейки 1 балл	
расчёт a из объёма ячейки – 1 балл	
3. Верный выбор кратчайшего расстояния – 1 балл	3 балла
Расчёт кратчайшего расстояния – 1 балл	
Расчёт радиуса атома – 1 балл	
4. Оценка доли «пустоты»	2 балла
ИТОГО:	10 баллов

Задача 4

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 ($\rho_{H_2O} = 1$ 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 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 Ca(OH)_2 , для чего в молях необходимо столько же CO_2 , масса которого составит $6,49\cdot 10^{-3}\cdot 44 = 0,286$ г;

г) при избытке углекислого газа осадок растворяется.

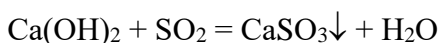
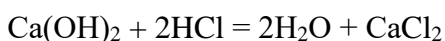
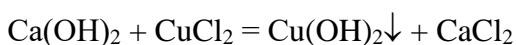
Уравнение реакции: $\text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca(HCO}_3)_2$.

Чтобы он растворился весь, требуется как минимум ещё столько же 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 $12,98\cdot 10^{-3}\cdot 22,4 = 0,291$ 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 5 (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 веществ;
- пробирки с подписанными растворами веществ, с помощью которых проводится определение распознавание;
- свободную пробирку или несколько пробирок для проведения опытов экспериментов;
- стакан с дистиллированной водой для промывки пробирок и большой стакан для слива;
- желательно расположить все пробирки в штативе на пластиковом подносе.

Задание

Молодой учитель химии Колбочкин в шести различных пробирках приготовил водные растворы серной кислоты, аммиака, карбоната натрия, сульфата магния, хлорида цинка и нитрата бария, но по невнимательности забыл их подписать.

1. Напишите химические формулы предложенных для распознавания веществ.
2. Заполните приведенную ниже таблицу, указав в ней аналитические признаки (выпадение или растворение осадка, изменение цвета раствора, выделение газообразных веществ), сопровождающие реакции веществ с друг с другом.

	Серная кислота	Аммиак (р-р)	Карбонат натрия	Сульфат магния	Хлорид цинка	Нитрат бария
Серная кислота	—					
Аммиак (р-р)		—				
Карбонат натрия			—			
Сульфат магния				—		
Хлорид цинка					—	
Нитрат бария						—

3. Напишите уравнения реакций, сопровождающихся аналитическими признаками, в соответствии с таблицей.
4. Идентифицируйте индивидуальные соединения в пробирках без использования дополнительных реактивов, кроме универсальной индикаторной бумаги.

Решение

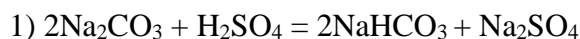
1. Серная кислота – H_2SO_4 , аммиак (водный р-р) – $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, карбонат натрия – Na_2CO_3 , сульфат магния – MgSO_4 , хлорид цинка – ZnCl_2 , нитрат бария – $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

2. Заполним таблицу:

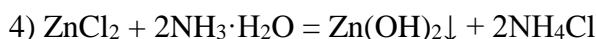
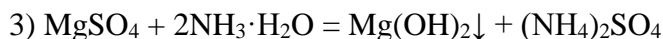
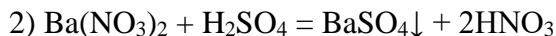
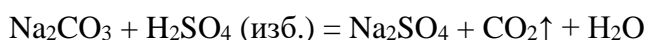
	H_2SO_4	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Na_2CO_3	MgSO_4	ZnCl_2	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
H_2SO_4	–	–	↑	–	–	↓
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	–	–	–	↓	↓*	–
Na_2CO_3	↑	–	–	↓ (+↑)	↓ (+↑)	↓
MgSO_4	–	↓	↓ (+↑)	–	–	↓
ZnCl_2	–	↓*	↓ (+↑)	–	–	–
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	↓	–	↓	↓	–	–

Примечание: ↓ – выпадение осадка, ↓* – выпадение осадка, растворимого в избытке одного из реагентов, ↑ – выделение газообразных веществ, «–» – отсутствие аналитических признаков (химическая реакция при этом может идти).

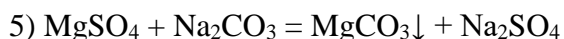
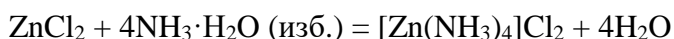
3. Уравнения реакций (принимается любой из вариантов, разделенных «или»):



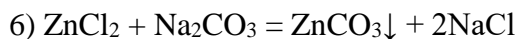
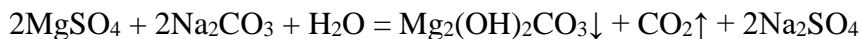
или



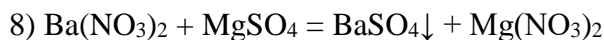
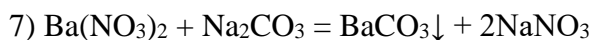
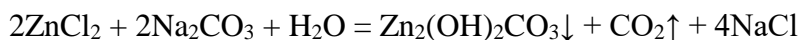
или



или



или



4. Существует несколько вариантов решения этой задачи. Ниже приведен один из возможных.

1) Смочим полоски универсальной индикаторной бумаги каждым из выданных растворов. При контакте с раствором H_2SO_4 универсальная индикаторная бумага окрасится в красный цвет,

что позволяет однозначно идентифицировать это соединение. При контакте с растворами $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и Na_2CO_3 универсальная индикаторная бумага окрасится в синий цвет.

2) В две чистые пробирки перенесем небольшое количество растворов, в которых универсальная индикаторная бумага окрашивалась в синий цвет (растворы $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и Na_2CO_3). Добавим к ним раствор серной кислоты H_2SO_4 . В пробирке, в которой нет видимых изменений, находится $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Это же соединение можно идентифицировать по характерному запаху. В пробирке, в которой при добавлении серной кислоты наблюдается выделение газа без цвета и запаха, находится Na_2CO_3 .

3) Осталось идентифицировать растворы MgSO_4 , ZnCl_2 и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. В три чистые пробирки перенесем небольшое количество соответствующих растворов, после чего по каплям добавим к ним $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. В пробирке, в которой нет видимых изменений, находится $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. В пробирке, в которой образуется белый осадок, **не растворяющийся** в избытке $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, находится MgSO_4 . В пробирке, в которой образуется белый осадок, **растворяющийся** в избытке $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, находится ZnCl_2 .

Система оценивания

- | | |
|--|-----------|
| 1. Формулы веществ – 6 формул по 0.25 б | 1.5 балла |
| 2. Заполнение таблицы – 30 ячеек по 0.15 б
(ячейки по главной диагонали таблицы не оцениваются) | 4.5 балла |
| 3. Уравнения реакций – 8 уравнений по 0.5 б
(если неверно уравнены – по 0.25 б) | 4 балла |
| 4. Идентификация веществ – 6 веществ по 2.5 б | 15 баллов |

ИТОГО

25 баллов

В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях – со штрафом 1 балл. Таким образом, если необходим долив n склянок, штраф составляет $(n-1)$ баллов, но не более 4 баллов.

Задача 6 (практический тур)

Квасцами называют кристаллогидраты двойных сульфатов трех- и одновалентных металлов общей формулы $\text{M}^+\text{M}^{3+}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, где M^+ – катион щелочного металла (кроме лития), аммония или таллия(I), а M^{3+} – катион трехвалентного металла (обычно алюминия, хрома или железа(III)).

Хромоаммонийные квасцы $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ представляют собой октаэдрические кристаллы черно-фиолетового цвета. Водный раствор соли имеет сине-фиолетовый цвет, при

нагревании до 70–80 °С – зеленый. При 100°С соль плавится, при 300 °С полностью обезвоживается, теряя кристаллизационную воду и превращаясь в белый порошок.

Методика синтеза

Навеску дихромата аммония массой 2.5 г перенесите в химический стакан, растворите ее в 15 мл дистиллированной воды и добавьте мерным цилиндром 5 мл раствора серной кислоты (1:2). Затем **медленно** по каплям внесите в раствор 10 мл этилового спирта, следя за тем, чтобы не происходило сильного нагрева реакционной смеси. Полученный раствор охладите в кристаллизаторе до выпадения сине-фиолетовых кристаллов квасцов. Отфильтруйте кристаллы через бумажный фильтр, высушите их между листами фильтровальной бумаги, перенесите в бюкс и взвесьте.

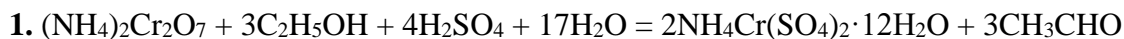
Теоретические вопросы

1. Напишите уравнение химической реакции, происходящей в процессе синтеза.
2. Рассчитайте выход продукта реакции относительно теоретического значения.
3. Какие типы химических связей присутствуют в кристаллах хромоаммонийных квасцов? По каким механизмам образованы ковалентные связи в этом соединении (приведите их названия)?

Изучение некоторых свойств хромоаммонийных квасцов

4. В чистую пробирку поместите небольшое количество полученных кристаллов и растворите их в 1–2 мл дистиллированной воды. С помощью универсальной индикаторной бумаги оцените кислотность среды в полученном растворе. Протеканием каких процессов она обусловлена? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. В чистую пробирку поместите небольшое количество кристаллов квасцов и растворите их в 1–2 мл дистиллированной воды. Добавьте к полученному раствору гидрокарбонат натрия. Отметьте наблюдаемые эффекты. Напишите уравнение соответствующей реакции.
6. С помощью какой качественной реакции можно доказать, что в состав полученного соединения входят сульфат-ионы? Напишите уравнение соответствующей реакции. Экспериментально докажите присутствие сульфат-ионов в полученном растворе и отметьте наблюдаемые эффекты.

Решение



2. Теоретическая масса продукта реакции составляет

$$m_{\text{теор.}} = \frac{2 \cdot 2.5 \cdot 478.345}{252.065} = 9.49 \text{ г}$$

Выход продукта реакции относительно теоретического значения может быть рассчитан как

$$\eta, \% = 100 \cdot \frac{m_0}{m_{\text{теор.}}}$$

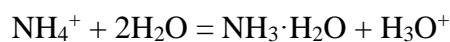
где m_0 – масса продукта реакции, полученного участником.

3. В кристаллическом $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ присутствуют связи:

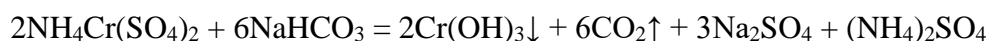
- ковалентные полярные (связи N–H, O–H, S=O),
- ионные (связи между NH_4^+ и SO_4^{2-} , Cr^{3+} и SO_4^{2-}),
- водородные (связи между молекулами кристаллизационной воды).

Механизмы образования ковалентных связей в этом соединении: обменный и донорно-акцепторный.

4. Раствор полученного соединения имеет слабокислую реакцию среды (pH 4–5) за счет протекания следующих протолитических реакций:



5. При добавлении гидрокарбоната натрия к раствору полученного соединения наблюдается выделение газа без цвета и запаха и выпадение темно-зеленого осадка:



6. Для доказательства присутствия сульфат-ионов в растворе полученного соединения можно воспользоваться качественной реакцией с Ba^{2+} (наблюдается выпадение белого осадка, нерастворимого в кислотах, щелочах и $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$):



Система оценивания

1. Техника эксперимента	3 балла
2. Уравнение реакции (задание 1)	2 балла
(если неверно уравнено – 1 б)	
3. Расчет $m_{\text{теор.}}$ (задание 2)	2 балла
4. Выход продукта реакции относительно $m_{\text{теор.}}$ (задание 2):	
$\geq 70 \%$	10 баллов
69–60 %	9 баллов
59–50 %	8 баллов
49–40 %	7 баллов
39–30 %	6 баллов
$< 30 \%$	5 баллов
5. Типы химических связей (задание 3) – 3 типа по 0.5 б	1.5 балла
6. Механизмы образования связей (задание 3) – 2 механизма по 0.5 б	1 балл
7. Вывод о среде раствора (задание 4)	0.5 балла
8. Уравнения реакций (задание 4) – 2 уравнения по 0.5 б	1 балл
9. Наблюдаемые эффекты (задание 5) – 2 эффекта по 0.25 б	0.5 балла
10. Уравнение реакции (задание 5)	2 балла
(если неверно уравнено – 1 б)	
11. Качественная реакция на сульфат-ион (задание 6)	1 балл
12. Наблюдаемый эффект (задание 6)	0.5 балла
ИТОГО	25 баллов

8. 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. Чуранов С.С., Демьянович В.М. Химические олимпиады школьников. – М.: Знание, 1979.
2. Белых З.Д. Проводим химическую олимпиаду. – Пермь: Книжный мир, 2001.
3. Лунин В., Тюльков И., Архангельская О. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 1. (Пять колец) / Под ред. акад. В. В. Лунина. – М.: Просвещение, 2010.
4. Лунин В., Тюльков И., Архангельская О. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 2. (Пять колец) / Под ред. акад. В. В. Лунина. – М.: Просвещение, 2012.
5. Вступительные экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета. Учеб. пособие / Н. Кузьменко, В. Теренин, О. Рыжова и др. – М.: Издательство Московского университета, 2011.
6. 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.
7. Научно-методический журнал «Химия в школе».
8. Энциклопедия для детей. – Т. 17. Химия. – М: Аванта+, 2003.
9. Леенсон И. Как и почему происходят химические реакции. Элементы химической термодинамики и кинетики. – М.: ИД «Интеллект», 2010.
10. Хаусткрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии. В 2 т.: Пер. с англ.– М.: Мир, 2002.
11. Потапов В.М., Татаринчик С.Н. Органическая химия. – М.: Химия, 1989.
12. Органическая химия. В 2 т. / Под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2008.
13. Кузьменко Н.Е., Ерёмин В.В., Попков В.А. Начала химии для поступающих в вузы. – М.: Лаборатория знаний, 2016.
14. Ерёмин В. В. Теоретическая и математическая химия для школьников. – М.: МЦНМО, 2014.
15. Ерёмин Е. А., Рыжова О. Н. Химия: Справочник школьника: Учеб. пособие. – М.: Издательство Московского университета. 2014.
16. 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.

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. Лунина; Фонд Андрея Мельниченко. – М.: Альфа Принт, 2019.

18. МГУ – школе. Варианты экзаменационных и олимпиадных заданий по химии: 2019. – М.: Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2019 (ежегодное издание, см. предыдущие годы).

Интернет-ресурсы

1. Раздел «Школьные олимпиады по химии» портала «ChemNet»
<http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/>

2. Архив задач на портале «Олимпиады для школьников» <https://olimpiada.ru/activities>, в том числе задания олимпиад в различных регионах: <https://olimpiada.ru/activity/76/tasks/2020>

3. Сайт «Всероссийская олимпиада школьников в г. Москве» <http://vos.olimpiada.ru/>

4. Школьная олимпиада на сайте образовательного центра «Сириус»: <https://siriusolymp.ru/school2021/chemistry>.