

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА

Комплект заданий для учащихся 9 класса

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) задания. Прежде чем приступить к их выполнению внимательно прочитайте инструкцию.

Инструкция по выполнению олимпиадной работы

На выполнение олимпиадной работы отводится **180 минут**. Работа состоит из **5 теоретических заданий с письменным ответом**. Каждое выполненное задание оценивается определенным количеством баллов: **задания 1, 2, 5 – 20 баллов, задание 3 – 18 баллов, задание 4 – 22 балла**. Ориентировочное время выполнения **заданий 1-5**: 30, 40, 35, 40 и 35 минут, соответственно. Задания разделены на несколько вопросов, баллы за правильные ответы на вопросы суммируются. Максимальное общее количество баллов за пять олимпиадных заданий составляет **100**.

Для успешной работы рекомендуем несколько простых приемов:

- не спеша, внимательно прочтите задание и определите, что нужно указать в ответе;
 - отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;
 - если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением схемы, не старайтесь детализировать информацию, вписывайте только те данные, которые указаны в вопросе;
 - пропускайте задание, которое не удается выполнить сразу, и переходите к следующему; вы сможете вернуться к пропущенному заданию после выполнения всей работы, если останется время;
 - постараитесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов;
 - если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении, иначе ответ не засчитывается;
- Убедитесь, что вы перенесли ваше решение в бланк ответов. Черновики проверяться не будут.**

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его членам жюри.

Желаем Вам успеха!

Задача 1. Сургуч (20 баллов)

Конфиденциальность всегда имела важное значение, и некогда большую роль в этом играл сургуч. При нагревании он плавится, плав наносят на бумагу, и оставляют отиск печати. Снять сургуч, не сломав его или не повредив бумагу, было невозможно. Один из составов сургуча, выраженный в весовых частях, представлен ниже:



| | | | |
|------------------|------------|--------------|------------|
| Канифоль | 20 вес. ч. | Мел | 8 вес. ч. |
| Сосновая сера | 10 вес. ч. | Тяжелый шпат | 12 вес. ч. |
| Жидкий терпентин | 5 вес. ч. | Мумия | 10 вес. ч. |

Канифоль – это нелетучий остаток от перегонки смолы, сосновой серой называли саму смолу, а терпентином – эфирные масла хвойных деревьев. Всё это смеси органических веществ, содержащих большое количество карбоновых кислот, которые можно представить общей формулой RCOOH .

Другие три компонента являются неорганическими. Мел добавляют для повышения вязкости расплавленного сургуча, что является следствием протекающей с ним реакции (**реакция 1**). Тяжелый шпат служит инертной добавкой для увеличения общего веса и уменьшения склонности к воспламенению при расплавлении сургуча. Мумия добавляется как пигмент, придающий сургучу красный цвет.

Основным компонентом тяжелого шпата является вещество белого цвета с очень низкой растворимостью в воде, растворах кислот и щелочей. Оно, однако, способно растворяться в концентрированной серной и иодоводородной кислотах (**реакции 2 и 3**). Для получения 3,5 г этого соединения потребовалось 2,3 г оксида двухвалентного металла и 21 г раствора двухосновной кислоты ($\omega = 7\%$).

Мумия представляет собой оксид, не реагирующий с водой, но способный реагировать с растворами сильных кислот и концентрированными щелочами при нагревании (**реакции 4 и 5**). При $1100\ ^\circ\text{C}$ в атмосфере водорода из 10 г мумии получается 7 г металла.

1. Определите формулу тяжелого шпата, ответ подтвердите расчетами.
Подсказка: напишите в общем виде уравнение взаимодействия оксида и кислоты. Считайте, что все реакции идут со 100% выходом.

2. Определите формулу мумии, ответ подтвердите расчетами. Учтите, что металл имеет целочисленную степень окисления.

3. Напишите уравнения реакций 1–5.

Задача 2. Живопись (20 баллов)

Чтобы краска образовывала плотный устойчивый слой, нужно, чтобы при нанесении она была в жидком виде, а потом образовала твердую пленку. Этого можно добиться реакцией полимеризации, и даже до разработки промышленных полимеров художники это использовали, добавляя в краску льняное масло, богатое ненасыщенными жирами. Однако, само по себе масло твердеет медленно, поэтому в него лучше добавить катализатор полимеризации – так называемый сиккатив.



Один из распространенных сиккativов, НФ-1, имеет следующие технические характеристики:

| Параметр | Значение |
|---------------------------------|---|
| Внешний вид | Прозрачная однородная жидкость без осадка и посторонних примесей |
| Стабильность раствора | Не должно быть помутнения и образования осадка, раствор должен оставаться прозрачным, допускается опалесценция. |
| Массовая доля нелетучих веществ | не менее 18% |
| Массовая доля металла | |
| свинца | $4,7 \pm 0,2\%$ |
| марганца | $1,1 \pm 0,2\%$ |

Активным веществом сиккativa выступают соли карбоновых кислот общей формулой $(C_nH_{2n+1}COO)_xM$.

1. Выразите молярную концентрацию свинца и марганца в НФ-1, считая его плотность равной $840 \text{ кг}/\text{м}^3$.
2. Запишите в общем виде (выраженные через n) молярную массу солей, присутствующих в сиккative, учитывая, что металлы находятся в наиболее стабильных степенях окисления.
3. Считая, что нелетучими компонентами сиккativa НФ-1 выступают только соли свинца и марганца, определите формулу их общего кислотного остатка.

Эти соли очень плохо растворяются в воде, их получают из соответствующей кислоты, нитрата свинца и гидроксида марганца.

4. Приведите уравнения реакций получения солей. *Если вы не ответили на предыдущий вопрос, приведите уравнения в общем виде.*

Есть и другие металлы, ускоряющие высыхание масляных красок. Для определения одного из них взяли 49,8 мг тетрагидрата его ацетата, растворили в воде, добавили вспомогательные вещества: ацетат и роданид аммония, – и титровали раствором Трилона Б ($c = 0,100$ М) до перехода синей окраски в розовую, затратив в среднем 2,0 мл. Металл реагирует с Трилоном Б в соотношении 1:1.

5. Определите неизвестный металл, ответ подтвердите расчетами.

6. Какая общая особенность свойств металлов, используемых в сиккативах, позволяет им катализировать реакцию полимеризации?

Задача 3. Воображение (18 баллов)

Осуществите мысленный эксперимент. В пяти пробирках находятся растворы гидроксида бария, гидроксида натрия, иодида магния, сульфата цинка и нитрата свинца.

1. Пользуясь только представленными реактивами, определите содержание каждой пробирки. Покажите, что для каждого раствора набор признаков является уникальным.

2. Приведите уравнения реакций, имеющих аналитический эффект.

Если попытаться осуществить этот эксперимент на практике, то одна пара реактивов может дать неожиданный осадок. Это особенно вероятно, если использовать не свежие, а уже постоявшие на воздухе растворы.

3. Какая это пара реактивов, и каковы причины образования осадка? Приведите соответствующие уравнения реакций.

Задача 4. Связь (22 балла)

Ниже представлена серия превращений с рядом веществ, обозначенных буквами. На схемах не указывались коэффициенты и побочные продукты. Про эти вещества дополнительно известно:

- **А** представляет собой хрупкие желтые кристаллы;
- **Б** не растворяется в воде;
- **В** транспортируют в стальных цистернах;
- **Д** – газ с резким запахом плохо растворимый в воде;
- **Е** – летучее твердое простое вещество, названное по яркой окраске паров.
- **Ж** – сильная кислота, способная растворять серебро (*реакция 5*).

- При полном растворении 1,5 г двухвалентного металла **М** в избытке соляной кислоты выделяется 515 мл водорода (н.у.) (*реакция 6*).

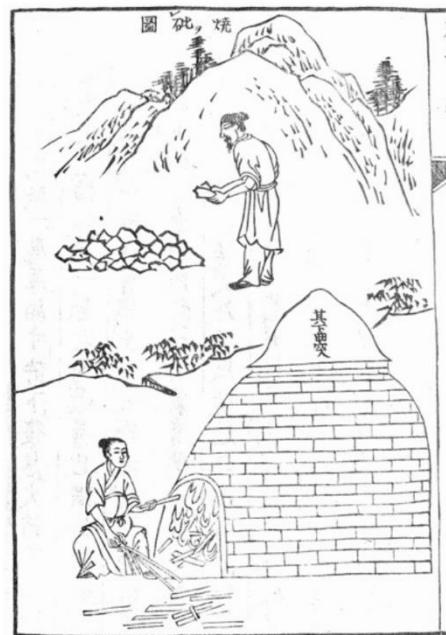


1. Напишите формулы всех неизвестных веществ. Для металла **М** предположение подтвердите расчетами.

2. Напишите уравнения **реакций 1–6**.

Задача 5. Мышьяк (20 баллов)

Мышьяк, As, является элементом 5a подгруппы периодической таблицы. Одним из минералов, содержащих мышьяк, является арсенопирит FeAsS. На приведенной иллюстрации изображены рабочие в Китае XVII века, обжигающие мышьяковую руду. В тексте книги рабочего предупреждают, что он должен находиться на расстоянии около 25 м от аппарата с наветренной стороны, так как вся трава и деревья с подветренной стороны погибают. Автор также указывает, что рабочего следует перевести на другую работу через два года, поскольку по истечении этого срока, если он продолжит работать, у него выпадут волосы.



В арсенопирите атомы мышьяка и серы имеют одинаковую целочисленную степень окисления. Нагревание FeAsS без воздуха приводит к образованию металлического мышьяка. Обжиг FeAsS на воздухе приводит к образованию оксида мышьяка (III) и других продуктов, зависящих от количества используемого кислорода. При молярном соотношении FeAsS : O₂ равном 1 : 0,75 образуется только один дополнительный продукт. При соотношении FeAsS : O₂ равном 1 : 2,5 образуются два дополнительных продукта

1. Приведите полную электронную конфигурацию мышьяка.
2. В газовой фазе в зависимости от температуры мышьяк может образовывать молекулы состава As₂ и As₄. Изобразите структурные формулы этих молекул.
3. Укажите высшую и низшую возможные степени окисления мышьяка.

4. Приведите по одной формуле соединений мышьяка, в которых он находится в высшей и низшей степени окисления.

5. Какова степень окисления мышьяка в FeAsS?

6. Приведите уравнения реакций, протекающих при нагревании FeAsS в отсутствие кислорода, при обжиге FeAsS в условиях ограниченного содержания кислорода (соотношение FeAsS : O₂ = 1 : 0,75) и в условиях избытка кислорода (соотношение FeAsS : O₂ = 1 : 2,5).

Если смешать растворы мышьяковистой кислоты, карбоната натрия и сульфата меди(II), образуется зеленый осадок. Это ядовитое вещество, известное как «зелень Шееле», использовалось в качестве пигмента для окрашивания всего, включая обои и даже некоторые продукты питания. При нагревании образца массой 0,500 г он разлагается с образованием 0,024 г воды, 0,264 г оксида мышьяка(III) и 0,212 г черного оксида меди. При кипячении «зелени Шееле» с водным раствором гидроксида натрия образуется красный оксид меди(I).

7. Определите эмпирическую формулу пигмента.

8. Приведите уравнение реакции между «зеленью Шееле» и горячим гидроксидом натрия.