

Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников по химии  
2023-2024 учебный год  
9 класс

Дорогой друг!

Мы очень рады, что Вы решили проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

*Указания для решения задач:*

Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчетами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернетесь в конце, если у вас останется время.

*О муниципальном этапе:*

Информация об олимпиаде, решениях и заданиях, а также видеоразбор задач будут доступны в официальной группе Ассоциации Наставников Олимпиадного Движения – команды тренеров сборной команды Республики Башкортостан: [vk.com/anod\\_official](https://vk.com/anod_official). Используйте эту информацию для подготовки к показу работ и апелляции. Нормативные документы размещаются на сайте центра развития талантов “Аврора”: [avroracenter.com](http://avroracenter.com).



*О региональном этапе:*

18, 19 января пройдет региональный этап Всероссийской олимпиады школьников: теоретический и экспериментальный этап. Для подготовки к нему проводится Зимняя химическая школа «Кристалл», которая пройдет в Уфе в конце декабря. Регистрация на сайте: [anodrb.ru/winter](http://anodrb.ru/winter).

*Об олимпиадах:*

Участие в олимпиадах позволяет получить приглашение на обучение в Образовательный центр "Сириус", поступить в вуз без экзаменов и получать стипендию до 100 000 рублей на первом курсе! Также победителям и призерам олимпиад назначается премия и стипендия Главы Республики Башкортостан. Ты стал участником муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников, что уже хороший результат. Не останавливайся на достигнутом – прими участие в олимпиадах Федерального перечня Министерства высшего образования и науки РФ, дающих льготы при поступлении в вузы. Информацию об олимпиадах можно найти в региональной группе олимпиад по химии [vk.com/anod\\_official](https://vk.com/anod_official).

Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!



## Задача 1. Сибайское месторождение

По легенде более ста лет тому назад охотник из деревни Старый Сибай, имя которого не сохранилось, раскапывая нору куницы, наткнулся на отложения тяжелой «красной глины» с «золотыми» вкраплениями. Он не подозревал, что это характерное образование для месторождений металла **У**. Местные жители использовали «красную глину» из норы



для покраски юрт, изделий из дерева и шкур животных. Яма увеличивалась. Позднее были проведены анализы породы и в 1915 была пробита шахта для разведки месторождения. В будущем здесь появится Сибайский карьер.

Основной компонент «красной глины» представляет собой вещество **А** – оксид металла **Х**. Вещество **А** является слабым ферромагнетиком. Примечательно, что **А** реагирует как с кислотами, например, с соляной (*реакция 1*), так и с щелочами при сплавлении, например, с гидроксидом натрия (*реакция 2*). При сплавлении вещества **А** с оксидом магния (*реакция 3*) может быть получен искусственный минерал, изоструктурный шпинели  $MgAl_2O_4$ .

1. Определите металл **Х** и вещество **А**. Дополнительно известно, что массовая доля кислорода в соединении **А** равна 30,05%.
2. Напишите уравнения *реакций 1-3*.

«Золотые» вкрапления в красной глине могут быть представлены двумя различными минералами, то есть веществами **В** и **С**.



Вещество **В** – еще одно соединение металла **Х**. Во времена «золотой лихорадки» минерал получил прозвище «золото дураков» из-за внешнего сходства с настоящим золотом. Вещество **В** используется в качестве сырья для получения серной кислоты. При нагревании реагирует с кислородом, образуя вещество **А** и газ с запахом жженных спичек (*реакция 4*). Тот же газ получается в результате реакции вещества **В** с горячей концентрированной серной кислотой (*реакция 5*).

3. Определите вещество **В**. Дополнительно известно, что мольные доли элементов в **В** относятся как 1 : 2.
4. Напишите уравнения *реакций 4,5*.

Вещество **С** – важнейший компонент руд металла **У**. При обжиге вещества **С**, помимо вещества **А** и газа с запахом горелых спичек, образуется черный оксид металла **У** – вещество **Д** (*реакция 6*).

Вещество **D** восстанавливается до чистого металла водородом (*реакция 7*) и угарным газом (*реакция 8*). Растворением **D** в кипящем концентрированном растворе гидроксида натрия с последующим разбавлением и кристаллизацией в инертной атмосфере можно получить твердые темно-синие кристаллы комплексного соединения (*реакция 9*).

5. Определите вещества **C** и **D**, а также металл **Y**. Дополнительно известно, что массовая доля неметалла в соединении **C** – 34,91%, а молярная масса самого соединения превышает 180 г/моль.
6. Напишите уравнения *реакций 6-9*.
7. Приведите сферы применения металла **Y** (два примера).

## Задача 2. Внимание! Газы!

Вещество **A** может быть получено взаимодействием двух других – **B** и **C** (*реакция 1*), причем все они являются чрезвычайно токсичными газами. Соединения **A** и **B** вызывают раздражение дыхательных путей, а вещество **C** образует прочный комплекс с гемоглобином, вследствие чего кровь перестает доставлять кислород к тканям организма.

Вещества **A** и **B** использовались в Первую мировую войну как химическое оружие. Газ **B** легко обнаружить по его цвету и запаху, в отличие от бесцветного **A**, имеющего запах прелого сена. Человеческий нос такой запах ощущает только при очень высоких (превышающих в несколько раз предельно допустимую) концентрациях.

2,00 г. вещества **A** пропустили в избыток раствора гидроксида натрия (*реакция 2*), в результате чего образовались соли **D** и **E**. Полученный раствор разделили на две равные части. К одной из них прилили избыток раствора гидроксида бария (*реакция 3*), получив при этом 1,99 г осадка. Ко второй части прилили избыток раствора соляной кислоты, в результате чего выделилось 226,20 мл газа (*реакция 4*).

Одним из возможных способов определения твердой соли **E** является ее реакция с концентрированной серной кислотой, сопровождающееся вспениванием (*реакция 5*).

1. Определите вещества **A-E**, если известно, что в 1 г вещества **A** содержится  $2,432 \cdot 10^{22}$  атомов, а его плотность равна 7,964 г/л (2 атм., 30 °C). Подтвердите расчетами.
2. Приведите уравнения *реакций 1-5*. Объясните, почему **E** может активно реагировать с серной кислотой только в твердом виде.
3. Предложите химический способ обнаружения вещества **A**. Укажите визуальный признак протекания предложенной Вами реакции.

### Задача 3. Азотные удобрения



Россия является лидером по производству азотных удобрений, опережая в экспорте всю Европу и Китай. Одним из крупнейших в Башкортостане производителей минеральных удобрений является завод в г. Мелеуз. Основным продуктом предприятия является аммиачная селитра. Рассмотрим стадии её получения:

**Стадия 1.** Газ **А** получают пропуская азотоводородной смеси над пористым железом при температуре 450 °С и давлении 250 атм. (*реакция 1*).

**Стадия 2.** Полученный газ окисляют на воздухе в присутствии платинового катализатора, получая газ **Б** (*реакция 2*), который далее превращается в газ **В** бурого цвета (*реакция 3*).

**Стадия 3.** Газ **В** поглощается водой с избытком воздуха – образуется селитряная кислота (*реакция 4*), которую нейтрализуют водным раствором газа **А** (*реакция 5*). Выпаривание раствора, кристаллизация и гранулирование позволяет получить продукт.

Транспортировка селитры сопряжена с соблюдением особых мер безопасности, поскольку она является взрывоопасным веществом. При перегреве аммиачная селитра способна на разложение со взрывом с образованием газообразных продуктов, одним из которых является газ **Б** (*реакция 6*).

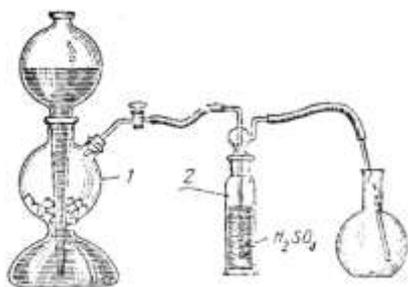
Крупнотоннажным продуктом, используемым в основном как азотное удобрение, также является мочевины (массовая доля азота 46,67 %), которую получают нагреванием газа **А** и двуокиси углерода до 150 °С при давлении 200 атм. (*реакция 7*).

1. Определите вещества **А-В**: напишите их химические формулы.
2. Напишите уравнения *реакций 1-7*.
3. При однократном прохождении 450 м<sup>3</sup> стехиометрической азотоводородной смеси через колонну синтеза при получении газа **А** с выходом 18% для поддержания постоянной температуры необходимо осуществить отвод 5,95 ГДж тепла. Рассчитайте тепловой эффект реакции.
4. Из 2,3 м<sup>3</sup> газа **А** в результате стадий **2,3** можно получить 1 кг продукта с чистотой 94 %. Рассчитайте общий выход синтеза.
5. Напишите химические формулы аммиачной селитры, мочевины, селитряной кислоты. Для последней изобразите структурную формулу.
6. Приведите химические формулы трёх азотных удобрений (кроме уже упомянутых в задаче).

Для справки: уравнение Менделеева-Клапейрона:  $PV=nRT$ , где  $P$  – давление (кПа),  $V$  – объём, занимаемый газом (л.),  $n$  – количество газа (моль),  $R$  – газовая постоянная, равная 8,314 (Дж/моль•К),  $T$  – температура (К).

#### Задача 4. ИЗВЕСТНЫЕ горные породы

На территории Башкортостана находится множество месторождений с большим разнообразием горных пород. Существует несколько известных минералов, основным компонентом которых является соединение **A**. Для проведения эксперимента была взята навеска вещества **A** массой 1,0 г. Термическая обработка привела к разложению соединения, на выходе был получен оксид **B** и газ **C** (реакция 1). Аналогичная реакция медленно протекает на больших глубинах Земли и тем самым дает источник газа **C** для минеральных вод. Оксид **B** бурно реагирует с водой (реакция 2), образуя раствор соединения **D**. Эта реакция раньше использовалась в так называемой «саморазогревающейся» посуде. Известно, что при пропускании сернистого газа в раствор **D** (реакция 3) выпадает осадок **E** массой 1,2 г.



Для подтверждения состава газа **C** был выбран оригинальный метод. Для получения равномерного потока газа собрали установку, изображенную на рисунке слева. 25 г. **A** поместили в центральную часть, в верхний сосуд залили 450 мл 12 % раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,06$  г/мл) (реакция 4). После открытия крана выделяющийся газ пропускали через склянку с концентрированной серной кислотой и постепенно накачивали в резиновый шарик, заполненный гелием. Оказалось, что если объёмная доля газа **C** превышает 62,5 %, шар перестает держаться в воздухе и больше не взлетает.

1. Определите вещества **A-E**. Для подтверждения состава веществ **A** и **C** приведите необходимые расчеты.
2. Приведите уравнения реакций 1-4
3. Какой максимальный объём газа **C** (н.у.) теоретически можно получить в собранной установке?
4. Как называется прибор 1? Для чего используется склянка 2?

#### Задача 5. Демонстрационный эксперимент

Юный химик Артур решил на досуге поэкспериментировать с газами. Он пропустил аммиак, озон и неизвестный газ **A** через три разных раствора. Первый раствор был предназначен для определения среды образующегося раствора, а второй и третий для демонстрации восстановительных и окислительных способностей газа соответственно. Ниже представлена

таблица с изображениями наблюдаемой окраски растворов до и после пропускания газов.

	1 раствор	2 раствор	3 раствор
До пропускания газа			
После пропускания аммиака			
После пропускания озона			
После пропускания газа А			

1. Определите, какая среда (нейтральная, кислая или щелочная) устанавливается в растворе в каждом из случаев.
2. Определите соли **Б** и **В**. Свой ответ объясните. Определите газ **А**, если дополнительно известно, что он состоит из 2 атомов и был получен реакцией соли **В** с концентрированной фосфорной кислотой (*реакция 1*). Составьте уравнение данной реакции.
3. Составьте уравнения всех упомянутых для растворов 2 и 3 реакций (*реакции 2-4*).
4. Каким образом Артур мог получить поток озона и аммиака для своих экспериментов? Приведите уравнения реакций.