

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. Используйте эту информацию для подготовки к показу работ и апелляции. Нормативные документы размещаются на сайте центра развития талантов “Аврора”: 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.

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.

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*).

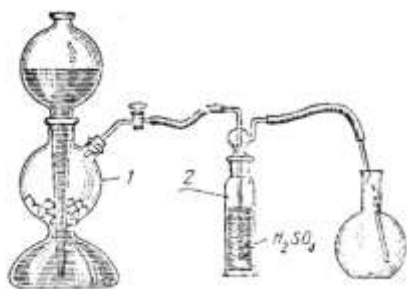
Крупнотоннажным продуктом, используемым в основном как азотное удобрение, также является мочевины (массовая доля азота 46,67 %), которую получают нагреванием газа **А** и двуокиси углерода до 150 °С при давлении 200 атм. (*реакция 7*).

1. Определите вещества **А-В**: напишите их химические формулы.
2. Напишите уравнения *реакций 1-7*.
3. При однократном прохождении 450 м³ 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 м³ 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.