

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Образец латуни, представляющей собой сплав меди с цинком, растворили в концентрированной азотной кислоте. При этом выделилось 13,8 г газа с относительной плотностью по воздуху равной 1,586.

Второй образец такой же массы растворили при нагревании в растворе хлороводородной кислоты, при этом выделилось 2,24 л газа, измеренного при н.у.

1. Напишите уравнения реакций, описанных в тексте
2. Определите содержание меди и цинка в латуни (в мас. %)

Задача №9-2

Взрывоопасное вещество

Однажды Юный Химик нашел в лаборатории старую банку без этикетки, на которой остался только значок «взрывоопасно!». Приняв все меры предосторожности, он приступил к исследованию обнаруженного вещества.

Содержимое банки представляло собой белый кристаллический порошок – вещество **X**. При нагревании 4,90 г **X** (реакция 1) был получен кислород, кроме того, осталось 2,98 г белого кристаллического вещества **Y**. Если к **Y** прилить концентрированной серной кислоты, то выделяется газ **Z** с резким запахом (реакция 2) и вызывающий покраснение смоченной водой лакмусовой бумажки. Раствор вещества **Y** образует белый творожистый осадок при действии нитрата серебра (реакция 3), а электролиз водного раствора **Y** (реакция 4) приводит к выделению на аноде желто-зеленого газа **W**. Газ **W** в 2,45 раз тяжелее воздуха, и при его пропускании через горячий раствор гидроксида калия (реакция 5) образуется смесь веществ **X** и **Y**.

1. Установите формулы веществ **W** – **Z**, ответ подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций 1-5.



Задача №9-3

Оксид алюминия встречается в природе в виде минерала корунда. Замещением атомов алюминия в корунде на хром образуется рубин – прозрачный красный драгоценный камень и синий сапфир, при замещении алюминия на таллий и железо. Высокая прочность связи Al-O-Al и плотная кристаллическая структура определяет большую теплоту образования, высокую температуру плавления и высокую твердость оксида алюминия.

Экспериментально определено, что сгорание 1,5 моль алюминия сопровождается выделением 1256,25 кДж тепла.

1. Вычислите стандартную теплоту и энтальпию образования оксида алюминия.
2. Вычислите какой объем воздуха (взятый при н. у.) необходим для получения из простых веществ 306 г оксида алюминия и какое количество тепла при этом выделится.
3. Укажите области применения оксида алюминия.

Задача №9-4

Как-то раз юный химик нашел банку с полуистлевшей этикеткой, на которой можно было прочесть только слово «кристаллогидрат». Внутри банки оказались красные кристаллы вещества **A** не имеющие запаха и хорошо растворимые в воде.

Юный химик взвесил 3,45 г вещества **A** и стал осторожно нагревать на плитке при температуре 150°C. При этом наблюдалось выделение водяного пара и уменьшение вещества в объеме (*реакция 1*). Через 10 минут масса вещества перестала изменяться и стала равна 1,83 г. После увеличения температуры до 350°C начал выделяться бурый газ с резким запахом (*реакция 2*). Дождавшись окончания процесса, юный химик получил 0,75 г темно-зелёного, почти черного бинарного вещества **B**, содержащего 21,33 % кислорода.



Взяв еще немного вещества **A** из банки юный химик растворил его в воде и продолжил исследования. При добавлении раствора гидроксида натрия (*реакция 3*) был получен розовый аморфный осадок. При добавлении раствора сульфида натрия к раствору **A** (*реакция 4*) выпал серый осадок. Этих данных оказалось более чем достаточно для определения точной формулы **A**.

- 1) Определите формулы веществ **A** и **B**, ответы подтвердите расчетами.
- 2) Напишите уравнения реакций 1-4.
- 3) Рассчитайте массу вещества **A** и массу воды, которые нужно взять для приготовления 200 г раствора с массовой долей растворенного безводного вещества 9,45%.

Задача №9-5 Адский камень

В XVIII – XIX веках процесс получения металла **Г** описывали следующим образом:

«Раствор адского камня (**A**) действовал на поташ (**B**) (*реакция 1*). Получился осадок (**B**), который отфильтровали и прокалили (*реакция 2*). Так выделили благородный металл (**Г**). Этот же металл образуется и при прокаливании самого адского камня, при этом появляется лисий хвост (**Д**) (*реакция 3*).» Если прокалить 17 г «адского камня» образуется 10,8 г металла и смесь двух газов с плотностью по водороду 31.

Другим способом получения благородного металла **Г** является прокаливание с углем осадка, образующегося при действии каустика (**Е**) на раствор адского камня (*реакции 4 – 5*).

1. Приведите формулы веществ **A – E**.
2. Напишите уравнения реакций (1) – (5).
3. Рассчитайте массу «адского камня», необходимого для получения 200 г благородного металла.

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Читая произведение Гете «Фауст», Николай Пробринкин наткнулся на описание некой алхимической процедуры:

*«Являлся красный лев – и был он женихом,
И в теплой жидкости они его венчали
С прекрасной лилией, и грели их огнем,
И из сосуда их в сосуд перемещали...»*

Полученное вещество (А) применяли как лекарство:

*«И стали мы лечить – удвоились мученья,
Больные гибли все без исключенья...»*

Помогите Николаю узнать какие химические соединения зашифрованы в этом тексте, если известно, что «красный лев» (вещество **Б**) является бинарным соединением одного из семи металлов древности (металл **В**). «Красный лев» при 500°C распадается на простые вещества, которые в этих условиях являются газами, плотность газовой смеси (при н.у.) составляет 9,67 кг/м³. Сам металл **В** обладает способностью растворять другие металлы. «Красного льва» можно получить из вещества **А** при действии на него едкого натра. «Прекрасную лилию» (вещество **Г**) алхимики получали действием купоросного масла на поваренную соль.

1. Определите формулы веществ (А - Г) и запишите уравнения всех реакций.
2. Как называются растворы металлов в металле **В**?
3. Рассчитайте массу «красного льва» и массу 15%-ного водного раствора «прекрасной лилии», необходимых для получения 27,15 г вещества **А**.
4. Почему лечение с помощью вещества **А** часто приводило к смерти больных?

Задача №9-2

Элемент **Х** образует несколько аллотропных модификаций. Одно из простых веществ (А) этого элемента в обычных условиях имеет твердое агрегатное состояние, темно-серый цвет, металлический блеск и хорошо проводит электрический ток. При сжигании **А** в избытке кислорода получили газообразное при нормальных условиях вещество **В** в 1,52 раза тяжелее воздуха. Пропускание газа **В** через насыщенный раствор вещества **С** приводит к образованию белого осадка (вещество **Д**), который растворяется при продолжительном пропускании газа **В**. Растворение осадка обусловлено образованием хорошо растворимого в воде вещества **Е**. При умеренном нагревании **Е** образуется несколько продуктов, среди которых газ **В** и бесцветная жидкость **Ф**. При прокаливании **Е** помимо **В** и **Ф** также образуется соединение **Г**, массовая доля кислорода в котором составляет 28,57%.

При сжигании **А** в недостатке кислорода образуется газообразное вещество **Н**, относительная плотность которого по воздуху при нормальных условиях близка к единице. Вещество **Н** при температуре 400 – 500°C способно реагировать с веществом **С** с образованием газообразного вещества **К** и вещества **Д**.

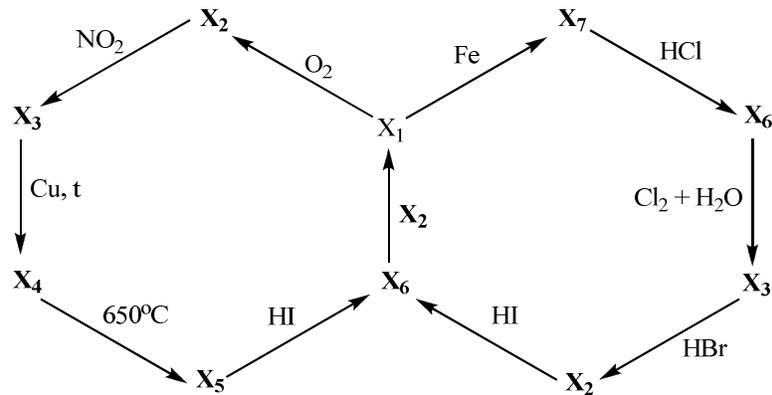
1. Назовите элемент **Х** и установите формулы веществ **А – К**.
2. Напишите уравнения всех реакций, упомянутых в тексте задачи.
3. Укажите название аллотропной модификации – вещества **А**.

Задача №9-3

Элемент и простое вещество **Х₁** известно с древнейших времен. Резкий запах и удушающее действие вещества **Х₂** использовались в религиозных обрядах жрецами, поэтому **Х₁** являлось символом сверхчеловеческих существ и подземных богов. У алхимиков элемент **Х₁** являлся одним из «начал» всех металлов, способ получения вещества **Х₃** разработан в XI веке Василием Валентином. Заводское производство **Х₃** в России организовано в 1718 году

по указу Петра Великого. Сегодня годовой объем промышленного производства X_3 превышает 70 миллионов тонн.

Приведенная ниже схема иллюстрирует превращения веществ $X_1 - X_6$, которые содержат элемент X_1 . Известно, что водные растворы веществ X_2, X_3, X_5, X_6 имеют кислую реакцию среды.



Вещество X_2 обладает окислительно-восстановительной двойственностью. Например, в реакции с X_6 оно выступает окислителем, а при взаимодействии с раствором темно-красного кристаллического вещества Y_1 , полученного взаимодействием насыщенного раствора хромата натрия с избытком серной кислоты, является восстановителем.

1. Установите формулы веществ $X_1 - X_6$.
2. Напишите уравнение всех представленных на схеме реакций.
3. Напишите реакцию получения Y_1 и взаимодействия его водного раствора с X_2 .

Задача №9-4

Структуру многих соединений можно описать в рамках теории плотнейших шаровых упаковок (ПШУ). При рассмотрении модели ПШУ считают, что атомы представляю собой жесткие шары. Касаясь, они заполняют большую часть пространства, однако между ними имеется незанятое пространство, которое называется пустотой, при этом в пустотах могут располагаться атомы других элементов. Различают два типа пустот: тетраэдрические и октаэдрические, которые называются по форме многогранников, вершины которых находятся в центрах окружающих их атомов. Тетраэдрическая пустота заключена между четырьмя атомами ПШУ, октаэдрическая – между шестью. При этом всегда на один атом ПШУ приходится одна октаэдрическая и две тетраэдрические пустоты. Например, структуру $NaCl$ можно рассматривать как ПШУ ионов хлора, все октаэдрические пустоты в которой заняты ионами натрия; в структуре CaF_2 фторид-ионы занимают все тетраэдрические пустоты ПШУ из ионов кальция.

1. Определите формулу шпинели, в структуре которой атомы кислорода образовали ПШУ, атомы магния занимают $1/8$ тетраэдрических, а алюминия – $1/2$ октаэдрических пустот. Установите координационные числа (число ближайших соседей) атомов Mg, Al и O .

При твердофазном синтезе шпинели из оксидов на границе раздела Al_2O_3 и MgO сначала образуется зародыши фазы шпинели. Для дальнейшего роста образовавшейся фазы необходима встречная диффузия ионов Al^{3+} и Mg^{2+} через имеющийся слой шпинели. При этом граница раздела Al_2O_3 /шпинель сдвигается в три раза быстрее, чем граница шпинель/ MgO .

2. Напишите уравнения реакций, протекающих на границах раздела Al_2O_3 /шпинель (взаимодействие Al_2O_3 и ионов Mg^{2+}) и шпинель/ MgO (взаимодействие MgO и ионов Al^{3+}) и общее уравнение реакции образования шпинели.
3. Объясните разную скорость роста фазы шпинели на различных границах раздела.

Задача №9-5

Название минерала, о котором пойдет речь в задаче, происходит от греческого словосочетания «камень, высекающий огонь». Другое его название возникло во времена золотой лихорадки и связано с его внешней схожестью с самородным золотом.

Навеску минерала массой 11,00 г сожгли в токе кислорода. Выделившийся при этом газ полностью поглотили бромной водой. К полученному раствору добавили избыток раствора хлорида бария, образовавшийся белый мелкокристаллический осадок отделили и высушили. Его масса составила 34,95 г.

1. Установите химическую формулу минерала, если известно, что он является бинарным соединением, содержащим 46,6% Fe. Приведите несколько его названий.
2. Вычислите массовую долю негорючих примесей в образце минерала взятого для исследования.
3. Напишите уравнения химических реакций, осуществленных при исследовании минерала.

Твердый остаток, полученный при обжиге минерала, может использоваться для получения металлического железа путем его восстановления газообразным водородом, угарным газом или углем.

4. На основании расчета тепловых эффектов реакций восстановления, определите какой из приведенных восстановителей потребует наименьших затрат энергии для проведения процесса.

Вещество	Q _{обр} , ккал/моль	Вещество	Q _{обр} , ккал/моль
FeO _(т)	62,98	H ₂ O _(г)	57,80
Fe ₃ O _{4(т)}	266,96	CO _(г)	26,42
Fe ₂ O _{3(т)}	196,50	CO _{2(г)}	94,05

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 9 класса

В пронумерованных пробирках находятся растворы семи веществ из следующего списка (7 из 8 возможных): NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , NaOH , H_2SO_4 , BaCl_2 , ZnSO_4 , AlCl_3 .

1. Не используя других реактивов, установите соответствие между номером пробирки и веществом, раствор которого в ней находится.

2. Заполните таблицу наблюдаемых эффектов реакций между веществами задачи:

	NaNO_3	Na_2SO_4	Na_2CO_3	NaOH	H_2SO_4	BaCl_2	ZnSO_4	AlCl_3
NaNO_3								
Na_2SO_4								
Na_2CO_3								
NaOH								
H_2SO_4								
BaCl_2								
ZnSO_4								
AlCl_3								

3. Напишите уравнения реакций, которые сопровождаются видимыми изменениями для всех восьми веществ.