

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

До XIX века человечеству было известно единственное взрывчатое вещество, в состав которого входит индийская селитра, древесный уголь и ярко-желтое вещество **A** в соотношении по массе соответственно 75 %, 13% и 12%.

Вещество **A** при нагревании реагирует с 50%-ным раствором гидроксида натрия (*реакция 1*) с образованием солей **B** и **B**, водные растворы которых окрашивают лакмусовую бумажку в синий цвет. При кипячении раствора **B** с порошком вещества **A** образуется соединение **Г** (*реакция 2*). Обработка солей **B** и **B** раствором соляной кислоты приводит к выделению газов **Д** и **Е** соответственно (*реакция 3 и 4*). Оба газа тяжелее воздуха, имеют неприятные запахи и окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет.

Окисление солей **B** и **B** сильными окислителями в обоих случаях приводит к образованию соли **Ж** (*реакции 5 и 6*). Соль **Ж** имеет нейтральную реакцию в водном растворе и образует осадок при добавлении раствора нитрата свинца (*реакция 8*).

1. Определите вещества **A–Ж** и напишите уравнения реакций 1–7.
2. Как называется взрывчатое вещество, описанное в задаче? Напишите уравнение реакции его горения.
3. Соединение **Д** имеет схожую с водой структуру. Однако оно плохо растворяется в воде и имеет более низкую температуру кипения. Как можно объяснить данное явление?

Задача №9-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.
2. Напишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ($\omega = 60\%$, $\rho = 1,5$ г/мл) и этанола ($\omega = 96\%$, $\rho = 0,8$ г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.
3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80°C.

4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.

5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №9-3

Юный химик Василий всегда был нерасторопным, и после очередного опоздания на урок химии, в качестве наказания учитель попросил его определить, какие газы находятся в четырех газометрах на учительском столе.

Отобрав в термостойкие пронумерованные колбы пробы из газометров №1 и №2, он добавил по 2,1 г легкого щелочного металла X, закрыл колбы и на всякий случай немного погрел их. В колбе №1 образовался белый порошок вещества A массой 4,5 г, а в колбе №2 – сразу два вещества A и B! В веществе A массовая доля металла составила 46,67%, а в B – 60,00%.

К пробе, отобранной из газометра №3, Вася решил добавить 4 г черного порошка оксида металла Y, содержащего 20% кислорода, и тоже погреть. В результате нагрева порошок покраснел, а его масса уменьшилась на 0,8 г. Кроме того, на внутренних стенках колбы сконденсировалась бесцветная жидкость B, плотность паров которой при н.у. составила 0,8036 г/л.

Отбирая пробу из газометра №4, Вася отметил резкий запах его содержимого. Немного подумав, он поместил в колбу с пробой газа кусочек железа и нагрел. В результате на дне колбы образовались бурые кристаллы соединения Г, содержащего 34,46% железа.

1. Определите содержимое всех баллонов, если известно, что, по крайней мере, в трех из четырех баллонов находились простые вещества, а вещества А–Г являются бинарными. Какой металл X и оксид какого металла Y использовал Вася в своих экспериментах? Ответ подтвердите расчетами.
2. Запишите формулы соединений А–Г, образовавшихся в баллонах, состав веществ подтвердите расчетами.
3. Запишите уравнения всех реакций, протекавших в баллонах.
4. Какое вещество может образоваться, если прореагируют вещества, содержащиеся в баллонах №3 и №4? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №9-4

Оксид хрома (III) используется при изготовлении паст для шлифования и полирования сплавов, полимеров и стекол (паста ГОИ). Существует 3 основных сорта пасты ГОИ: грубая, средняя и тонкая. Грубая наиболее эффективна по снимаемому объему материала, дает матовую поверхность. Средняя дает чистую поверхность. Тонкие пасты используются для тонкой притирки (доводки), придают зеркальный блеск.

1. На каком свойстве оксида хрома(III) основано его использование в пасте ГОИ?
2. От какого основного фактора зависит шлифовальная способность различных сортов пасты ГОИ?

Оксид хрома (III) можно получить восстановлением дихромата калия элементарной серой (реакция 1), древесным углем (реакция 2) или хлоридом аммония (реакция 3).

Другим способом является восстановление хромата натрия смесью серы и угля с одновременным получением сернистого натрия (реакция 4) или дихромата натрия аммиаком с образованием хромита натрия (реакция 5), который далее разлагается водой в присутствии CO_2 с образованием гидроксида хрома (III) (реакция 6).

Хромат натрия также можно восстановить оксидом углерода (II) до хромита (реакция 7). Чтобы избежать образования хромита натрия восстановление хромата оксидом углерода (II) можно проводить в присутствии $Al(OH)_3$ (реакция 8). Гидроксид алюминия может быть

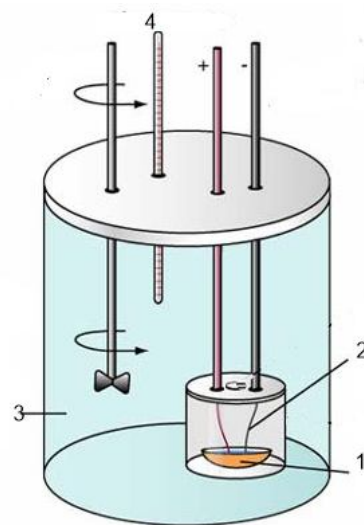
регенерирован из образующегося алюмината взаимодействием с раствором гидрокарбоната натрия (реакция 9).

3. Напишите уравнения химических реакций, описанных в тексте задания.

Задача №9-5

Для определения теплот химических реакций и теплот образования сложных веществ используют калориметры. Простейший калориметр представляет собой два сосуда, внешний, заполненный водой (3) и внутренний, который содержит тигель (1) для проведения реакции. Инициирование химической реакции производится путем поджигания от электрических контактов (2). Теплота, выделяющаяся в процессе реакции, нагревает воду во внешнем сосуде (3) и по разности температур до начала процесса и после его окончания можно оценить теплоту реакции.

Для определения теплоты образования одного из оксидов железа (72,41% Fe) 58,0 г оксида и рассчитанное количество порошка алюминия поместили в тигель (1) и подожгли смесь. После окончания реакции температура во внешнем сосуде, содержащем 3,5 л воды повысилась на 19°C.



1. Определите формулу оксида, теплоту образования которого измеряли?
2. Запишите термохимическое уравнение взаимодействия алюминия с исследуемым оксидом железа, если удельная теплоемкость воды равна 4,18 кДж/кг·К.
3. Вычислите теплоту образования исследуемого оксида железа, если теплота образования оксида алюминия равна 1670 кДж/моль

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Аквамарин (с латинского *морская вода*) – минерал класса алюмосиликатов, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску. Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

1. Среди многообразия солей, встречающихся в природе, имеется металл, хотя и не входящий в состав аквамарина, но соединения которого имеют насыщенную голубую или синюю окраску в водных растворах. Назовите этот металл и приведите формулы и названия двух основных карбонатов этого металла, встречающиеся в природе.

Хотя аквамарин не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **X** (получивший название как раз по названию класса минералов, к которому относится и аквамарин). Сделать это можно по следующей схеме:

А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **X**.

Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **X** остается в растворе в виде комплексного соединения **Y**.

В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **X** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.

2. Установите металл **X**, формулы вещества **Y** и неизвестного минерала, зная, что массовая доля **X** в минерале равна 5,028% и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.

3. Напишите уравнения всех описанных реакций.

3. Какое название предлагалось для металла **X**?

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

Задача №9-2

Перед бакалавром Александром, была поставлена задача выяснения термического поведения соединения, содержащего марганец, углерод, кислород и водород в соответственных массовых долях – 34,16, 14,91, 49,69 и 1,24 %. По результатам

исследования предоставленного Александром образца была получена термограмма, которая показала, что в диапазоне температур 106,5 – 150°C происходит снижение массы образца на 11,2 % за счет удаления воды. Далее, при 340 – 430°C, наблюдается потеря 44,7 % от начальной массы с регистрацией масс-спектрометром выделения угарного и углекислого газов. При более высоких температурах изменения массы образца не происходит.

Александр, являясь хорошо подготовленным специалистом, вооружился термограммой, периодической системой, калькулятором, провёл расчёты, определил простейшую формулу исходного вещества, написал уравнения, сопровождающих его термическое разложение реакций, и выяснил формулу конечного продукта. Вы пока не бакалавр, но попробуйте, используя имеющиеся данные, провести расчеты, позволяющие:

1. *Определить простейшую и истинную формулу, а также молярную массу и название исходного веществ.*
2. *Написать уравнения реакций, сопровождающих его последовательное термическое разложение.*
3. *Выяснить, какое вещество является конечным продуктом, и указать его молярную массу.*

Задача №9-3

Обычный школьный мелок в своем составе содержит карбонат кальция, гипс и инертные примеси. Для количественного анализа взяли навеску 5,0000 г мела и высушили в сушильном шкафу при температуре 250°C, при этом масса навески уменьшилась на 0,5233 г.

Вторую навеску мела такой же массы поместили в коническую колбу и добавили 50,00 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1,0000 моль/л. После окончания реакции раствор отфильтровали и оттитровали его раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,4825 моль/л, при этом затратив 10,36 мл титранта.

1. *Определите массовые доли основных компонентов школьного мела.*
2. *Напишите уравнения реакций, которые осуществлены при анализе мела.*

Задача №9-4

Галогенид элемента **A** – вещество **B**, массой 14,85 г, растворили в 285,15 мл воды. При этом образовалось соединение **B**, валентность элемента **A** в котором не совпадает с его степенью окисления. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось 90 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 6 моль/л. В результате взаимодействия **B** с гидроксидом натрия образовалось вещество **Г**.

1. *Определите формулы веществ **A**, **B**, **B**, **Г**. Приведите структурную формулу соединения **B**. Чему равна степень окисления фосфора в **B**? Исходя из строения **B**, объясните образование **Г**. Назовите **B** и **Г**.*
2. *Определите массовые доли веществ в растворе, полученном при гидролизе **B**.*
3. *Напишите уравнения всех протекающих реакций*

Задача №9-5

Твердые растворы – однородные кристаллические фазы переменного состава, образующиеся в многокомпонентных системах. Твердыми растворами являются многие металлические сплавы, минералы, стекла, полупроводники. Если компоненты системы неограниченно растворимы друг в друге, они образуют непрерывный ряд твердых растворов, однако, чаще всего концентрация растворенного вещества не может превышать некоторое предельное значение, и существование твердого раствора ограничено некоторыми областями составов.

Известно, что две неорганические соли **A** и **B** образуют твердый раствор, окрашивающий пламя горелки в фиолетовый цвет. При обработке 10 г образца твердого раствора избытком концентрированной серной кислоты при умеренном нагревании были получены простое вещество **W** и газ **X** с объемом 2682,96 мл (при н.у.) и $\varphi(\text{SO}_2) = 5,11\%$. Газ

поглотили водой и добавили к полученному раствору достаточное количество нитрата серебра, при этом образовалось 16,3867 г осадка **Y**.

1. Определите качественный и количественный состав твердого раствора. Приведите необходимые расчеты и составьте уравнения всех протекающих реакций. Определите состав всех веществ, обозначенных буквами.

*2. Вычислите теплоту образования твердого раствора, если теплота растворения 2 г твердого раствора в 100 мл воды равна 460 Дж, а теплота растворения 2 г механической смеси **A** и **B** в том же соотношении, что и в твердом растворе, в том же количестве воды равна 471 Дж.*

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 9 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения солей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **А, Б, В**, и содержащих растворы нитрата алюминия, нитрата свинца и хлороводородной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1 – 6**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида и гидроксида натрия.

1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.

2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.

Оборудование: водяная баня, штатив с пробирками.