

Материалы заданий олимпиады 2022–2023 учебного года
Многопредметная олимпиада Пермского государственного национального
исследовательского университета «Юные таланты» Предмет (комплекс предметов):
Химия

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

В середине XVII века И.Р. Глаубер проводил реакцию соли **A** с концентрированной серной кислотой (*реакция 1*), при этом он получил соль **B** и кислоту **X**. Известно, что соль **A** является термически нестабильной и при нагревании разлагается с выделением газа **B** (*реакция 2*), при этом потеря массы составляет 15,84%, а в остатке образуется твердое вещество **G**. При помещении **G** в раствор иодида калия, подкисленный серной кислотой, выделяется иод и бесцветный газ **D** (*реакция 3*). Если же поместить **G** в избыток раствора КОН и добавить цинк (*реакция 4*), то выделяется газ **E**, который имеет резкий запах и вызывает посинение лакмусовой бумажки.

1. Определите формулы всех неизвестных веществ, ответ подтвердите расчетом. Приведите уравнения реакций 1-4.

2. Кислота **X** имеет очень большое значение для современной химической промышленности, в настоящее время ее производят из газа **E** в три стадии. Напишите уравнения этих реакций и укажите условия их проведения.

3. Если для реакции взять 250 г **A**, содержащего 5% примесей и обработать 650 мл раствора серной кислоты с плотностью 1,83 г/мл и массовой долей 93,6%, то сколько грамм кислоты **X** будет получено?

4. При перегонке водных растворов **X** можно получить раствор, в котором на 1 моль **X** содержится 1,655 моль воды, данный раствор перегоняется без изменения состава. Определите массовую долю (%) **X** в данном растворе. Как называются растворы, перегоняющиеся без изменения состава?

Задача №9-2

Соли **A** и **B** окрашивают пламя спиртовки в фиолетовый цвет, а при добавлении к их водным растворам нитрата серебра (*реакции 1* и *2*) выпадают творожистые осадки желтого цвета, нерастворимые в аммиаке. При обработке сухих солей **A** и **B** концентрированной фосфорной кислотой (*реакции 3* и *4*) можно получить бесцветные газы **C** и **D** с резкими запахами, причем плотность газа **C** по газу **D** равна 1,58. В реакциях 3 и 4 также образуется соль **G**, которая при нагревании до 160°C разлагается с потерей массы 6,61% (*реакция 5*)

Если газовую смесь **C** и **D** (*смесь 1*) с плотностью 5,295 г/л (при н.у.) пропустить через избыток концентрированной серной кислоты (*реакции 6* и *7*), то получится новая газовая смесь (*смесь 2*), содержащая газы **E** и **F**. Дополнительно известно, что все описанные газы **C–F** окрашивают влажную индикаторную бумажку в красный цвет.

1. Установите состав солей **A**, **B**, **G** и газов **C–F**, ответ аргументируйте и подтвердите расчетами (где это возможно).

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

3. Рассчитайте массовые доли газов (%) в смеси 1 и плотность по воздуху смеси 2.

Задача №9-3

В лаборатории проводили исследования массы газов. Для этого брали несколько стаканов в них наливали одинаковое количество 5% раствора соляной кислоты. В каждый стаканчик добавляли по 1 г одного из пяти веществ: (1) мрамор, (2) нитрит натрия, (3) цинк, (4) медь, (5) сульфит натрия и дожидались, пока реакция полностью пройдет. После этого, стаканчик снова взвешивали и фиксировали убыль массы.

1. *Напишите уравнения всех возможных реакций, протекающих в эксперименте. Считайте, что в случае нитрита натрия выделяется только один газ с плотностью 1,34 г/л (н.у.).*

2. *Учитывая, что во всех реакциях соляная кислота взята в избытке, рассчитайте массы выделяющихся газов в каждом случае (растворимость газов пренебрегите) и составьте вещества в порядке возрастания массы раствора после протекания реакции.*

Далее в лаборатории были проведены аналогичные анализы двух натриевых солей неизвестного состава – X и Y. Были взяты навески 1,24 г соли X и 1,05 г соли Y и помещены в отдельные стаканы, содержащие избыток горячего 5% раствора соляной кислоты. В первом случае выделилось 136,1 мл газа Z, во втором случае – 204,15 мл газа Z (50°C, 740 мм.рт.ст.), также в обеих реакциях образовался желтый осадок. Дополнительно известно, что газ Z выделялся в одном из опытов с пятью исходными веществами, соли X и Y являются кристаллогидратами, для анализа взяты навески, содержащие одинаковое количество моль веществ.

3. *Определите газ Z, молярные массы и формулы веществ X и Y, назовите их, ответ подтвердите расчетами. Напишите уравнения реакций X и Y с соляной кислотой.*

Задача № 9-4

Кислород является важнейшим простым веществом, необходимым для жизни человека. Для обеспечения кислородом людей, работающих в замкнутых пространствах, например, на космических летательных аппаратах или подводных лодках, часто используют химически связанный кислород, входящий в состав различных соединений. В качестве одного из аварийных средств, предназначенных для быстрого получения кислорода, применяют так называемые хлоратные свечи.

В состав простейшей хлоратной свечи входит порошок железа и бертолетова соль. Бертолетова соль содержит 31,84 масс.% калия и 28,98 масс.% хлора, остальное – кислород. При поджигании хлоратной свечи железо сгорает до железной окалины ($\omega(\text{O}) = 27,59\%$), а выделяющееся при этом тепло расходуется на разложение бертолетовой соли с выделением кислорода.

1. *Установите формулу бертолетовой соли. Запишите термохимическое уравнение реакции ее разложения, если для разложения 1 моль соли требуется 44,7 кДж тепла.*

2. *Известно, что при сгорании образца железа массой 16,8 г до оксида железа (II) выделяется 81,6 кДж теплоты, а при сгорании такого же образца до оксида железа (III) теплоты выделяется на 42 кДж больше. Запишите уравнения этих реакций и рассчитайте их тепловой на 1 моль образующего оксида. Используя эти данные, рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины (на 1 моль окалины) и запишите соответствующее термохимическое уравнение.*

3. *Рассчитайте массы железного порошка и бертолетовой соли, необходимые для приготовления хлоратной свечи, способной генерировать 1 м³ (н.у.) кислорода.*

Задача №9-5

Простое вещество элемента **X** имеет несколько аллотропных модификаций. Светло-желтое простое вещество **X₄** растворяется в хлороформе, сероуглероде, легко переходит в газообразное состояние, хранится под водой. В природе **X** встречается чаще всего в виде соли **A**, содержащей 20% **X** по массе. Вещество **A** нерастворимо в воде, однако может использоваться в качестве удобрения на почвах с высокой кислотностью. При реакции простого вещества **X** с избытком хлора (*реакция 1*) образуются белые кристаллы вещества **B**, дымящие во влажном воздухе. При частичном гидролизе **B** (*реакция 2*) образуется вещество **C**, причем молярные массы **B** и **C** различаются в 1.358 раз. При растворении **C** в избытке воды образуется кислота **D** (*реакция 3*), которая при незначительном нагревании теряет 9.18% массы (*реакция 4*), а при дальнейшем нагревании – еще 9.18% от исходной массы **D** (*реакция 5*).

1. Определите элемент **X**. Назовите простое вещество **X₄**. Опишите пространственное строение **X₄** (рисунок, типа полиэдра).

2. Установите формулы веществ **A–D**. Объясните, почему **A** используется как удобрение только на кислых почвах (ионное уравнение).

3. Опишите пространственное строение **B** в разных агрегатных состояниях (рисунок, тип полиэдра).

4. Напишите уравнения реакций 1–5.