

Методическая библиотека
средней школы № 174
с углубленным изучением химии

Серия «Химия»

Леонтьев А. Е.

Сборник задач по химии
повышенной сложности

Выпуск I

Идентификация неорганических веществ

Учебное пособие для классов
с углубленным изучением химии



Москва 2004

УДК 373:54
ББК 24.1
Л47

Рецензенты:

Власенко Константин Капитонович —
к.х.н., доцент РХТУ им. Д.И. Менделеева

Маскаев Федор Николаевич —
директор школы №174, учитель химии

Л47 **Леонтьев Алексей Евгеньевич**
Сборник задач по химии повышенной сложности:
учебное пособие для классов с углубленным изучением хи-
мии. Выпуск I. Идентификация неорганических веществ. — М.:
МАКС Пресс, 2004. — 72 с.
ISBN 5-317-01155-8

Данное пособие представляет собой сборник задач повышенной сложности на распознавание неорганических веществ по их химическим превращениям. Цель настоящего пособия — помочь учащимся научиться решать задачи такого типа, от простых до самых сложных. Сборник предназначен в первую очередь для учащихся классов с углубленным изучением химии, а также участникам олимпиад различных уровней.

УДК 373:54
ББК 24.1

Напечатано с готового оригинал-макета

Издательство ООО "МАКС Пресс"

Лицензия ИД N 00110 от 01.12.99 г.

Подписано к печати 05.11.2004 г

Формат : 60x90 1/16. Усл.печ.л. 4,5. Тираж 100 экз. Заказ 479.

Тел. 939-3890, 939-3891, 928-1042. Тел/Факс 939-3891.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус. 627 к.

ISBN 5-317-01155-8

© А.Е. Леонтьев, 2004

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие представляет собой первую часть сборника задач повышенной сложности по химии. Пособие содержит 55 задач, в которых зашифрованы превращения неорганических веществ. Для решения некоторых задач потребуется использовать количественные данные, а часть задач можно решить, используя только данные о физическом состоянии веществ и сведения об их превращениях. Большинство заданий являются заимствованными из олимпиад различных уровней.

Пособие предназначено, прежде всего, участникам химических олимпиад, поступающим в химические и химико-технологические университеты, а также школьникам, интересующимся химией и многочисленными ее приложениями.

Задачи разделены на два уровня сложности. Задачи уровня I содержат материал школьной программы и являются достаточно простыми. Их целесообразно решать для подготовки к школьному или районному этапу химической олимпиады, а также абитуриентам ВУЗов химического профиля. Задачи уровня II более сложные и интересные. Некоторые задания этого уровня весьма нетривиальные и для их решения потребуется дополнительная литература — её список представлен в конце книги. Решение заданий уровня II поможет при подготовке к окружному и городскому этапам олимпиады.

Для каждой задачи, приведенной в сборнике, представлено решение, что существенно облегчит самостоятельную работу с задачником в процессе обучения. Для

наиболее сложных задач даны подробные решения с объяснениями всех упомянутых химических процессов, для более простых задач — схематичные ответы с уравнениями реакций и расшифровками химических формул веществ.

Автор выражает благодарность рецензентам — к.х.н., доценту РХТУ им. Д.И. Менделеева Власенко Константину Капитоновичу и директору школы №174, учителю химии Маскаеву Федору Николаевичу — замечания которых позволили существенно улучшить структуру и содержание данной книги, а также к.б.н., доценту Московского Института Открытого Образования Кузнецовой Ларисе Викторовне, учителю химии школы №174 Пашковой Людмиле Ивановне и д.п.н., профессору, заведующему кафедрой методики преподавания химии Московского Института Открытого Образования Оржековскому Павлу Александровичу.

У С Л О В И Я З А Д А Ч

Уровень I

Задача № 1

Приливание избытка раствора карбоната натрия к раствору, полученному при взаимодействии металла **A** с водой, привело к выпадению осадка **B**. Осадок **B** отделили и растворили в избытке бромоводородной кислоты. Полученный раствор упарили, а твердый остаток вещества **C** высушили до постоянной массы. Определите вещества **A**, **B**, и **C**, если известно, что масса вещества **C** в 5 раз больше массы вещества **A**, а масса вещества **B** в 2 раза меньше массы вещества **C**. Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 2

При взаимодействии твердого вещества **A** с избытком раствора соляной кислоты выделяется газ **B** без цвета и запаха. Добавление горячего раствора щелочи к образовавшему раствору приводит к выделению газа **C** с резким запахом, объем которого равен объему газа **B**. При взаимодействии вещества **A** с горячим раствором нитрита натрия выделяется газ **D** без цвета и запаха, плотность которого по водороду равна 14. Определите вещества **A**, **B**, **C** и **D** и составьте уравнения вышеупомянутых реакций.

Задача № 3

Известно, что многие газы приходится хранить и транспортировать в баллонах. Чтобы случайно не перепутать газы, баллоны окрашивают в разные цвета и маркируют. Так, например, если взять газ **A** из темно-зеленого баллона с красной надписью и газ **B** из черного баллона с желтой надписью и поместить их в реактор с платиновым катализатором, то при нагревании и соответствующем давлении образуется другой газ **C**, который хранят в желтых баллонах с черной надписью. Сжигание **C** в присутствии катализатора (Fe_2O_3), приводит к образованию газа **D** и некоторой жидкости **E**, которую обычно хранят в стеклянных и пластиковых сосудах. Газ **D** легко окисляется до газа **F**, который иногда называется «лисий хвост» и является исходным реагентом для получения жидкости **G**, концентрированные растворы которой перевозят в алюминиевых сосудах. Охлаждение газа **F** сопровождается изменением окраски. Назовите вещества **A-G**, учитывая, что их агрегатные состояния указаны при стандартных условиях. Составьте уравнения соответствующих реакций.

Задача № 4

При растворении вещества **A** в серной кислоте образуется раствор синего цвета. Если к этому раствору при комнатной температуре добавить небольшой избыток вещества **B**, то образуется нерастворимое в воде вещество **C** синего цвета. Если добавление раствора **B** проводить в интервале температур 90–100 °С, то выпадает осадок черного цвета **A**. О каких веществах идет речь в задаче? Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 5

Смесь двух веществ, представляющих собой красные порошки, нагрели в пробирке. В результате было получено соединение **X** и простое вещество **Y**. Известно, что исходные красные порошки можно получить, нагревая вещество **X** в токе водорода, а **Y** — в атмосфере кислорода. Одно из исходных веществ находит широкое применение в электротехнике, простое вещество **Y** широко применяется при изготовлении термометров. Назовите вещества **X** и **Y** и составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 6

Металл **A** легко растворяется в воде с выделением газа **B**, причём полученный раствор имеет щелочную реакцию. Газ **B** легко горит, а также способен реагировать с оранжево-красным веществом **C** с образованием серебристо-серой жидкости **D**. Жидкость **D** можно получить также при нагревании вещества **C**. Назовите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и составьте уравнения упомянутых реакций, если известно, что металл **A** — самый лёгкий из всех известных.

Задача № 7

Простые вещества **A** и **B** реагируют в массовом соотношении 1 : 1 с образованием газообразного вещества **C**, причём объёмы газов **B** и **C** одинаковы, а молярная масса газа **C** вдвое больше, чем молярная масса **B**. Определите все вещества, если известно, что газ **C** окрашивает влажную лакмусовую бумажку в красный цвет. Составьте уравнения реакций.

Задача № 8

При взаимодействии белого кристаллического вещества **A** с соляной кислотой образуется газ **B**, имеющий плотность 1,96 г/л. Газ **B** выделяется также при нагревании вещества **A**, но его количество вдвое меньше, чем в реакции с соляной кислотой (при одинаковых массах вещества **A**). При действии избытка раствора соляной кислоты на 1,68 г вещества **A** и последующем упаривании раствора досуха можно получить 1,17 г вещества **C**. Вещества **A** и **C** используются при приготовлении пищевых продуктов. Определите вещества **A**, **B**, **C** и составьте уравнения реакций, о которых идёт речь в задаче.

Задача № 9

Смесь двух твёрдых веществ красного (**A**) и белого цвета (**B**) в молярном соотношении 6 : 5 воспламеняется при слабом трении. В результате реакции образуются два твёрдых вещества белого цвета — **C** и **D**. Если раствор вещества **C** в воде нейтрализовать щелочью и прибавить раствор нитрата серебра, то образуется осадок жёлтого цвета. Если к раствору вещества **D**, имеющему нейтральную реакцию, прибавить раствор нитрата серебра, образуется белый осадок. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и составьте уравнения химических реакций, упомянутых в задаче.

Задача № 10

Простое вещество **A** сожгли на воздухе. Газообразный продукт сгорания пропустили через избыток водного раствора гидроксида натрия, при этом образовался бесцветный раствор вещества **B**. Раствор **B** при кипячении рас-

творит вещество **A** с образованием также бесцветного раствора вещества **C**, содержащего 29,1 % (по массе) натрия и 30,4 % (по массе) кислорода. Определите вещества **A**, **B** и **C** и составьте уравнения всех упомянутых реакций. Приведите три примера использования вещества **C**.

Задача № 11

Через нагретый порошок вещества **A** чёрного цвета пропускают бесцветный газ **B**. При этом образуется простое вещество красного цвета **C** и пары жидкости **D**, которая имеет широкое применение. Газ **B** может быть получен электролизом жидкости **D**. Назовите **A**, **B**, **C**, **D** и составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 12

Реакция между двумя соединениями, состоящими из элементов **A**, **B** и **C**, **D** протекает по уравнению: $AB_2 + CD_5 = CBD_3 + ABD_2$. При растворении в воде как исходной, так и конечной смеси веществ образуется раствор, содержащий три кислоты **I**, **II** и **III**. Формула кислоты **I** — H_3CB_4 , кислоты **II** — HD . Известно, что 0,1 моль кислоты **II** взаимодействует с раствором нитрата серебра с образованием 14,35 г осадка, а кислота **III** неустойчива. О каких веществах идёт речь? Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 13

Вещество **Z** представляет собой мелкокристаллический порошок с металлическим блеском. Его навеску массой 2,8 г разделили на две равные части. Первую часть растворили в избытке азотной кислоты при нагревании и упарили раствор до удаления следов HNO_3 . Вторую часть

растворили при нагревании в избытке раствора едкого натра. Образовавшиеся в обоих случаях растворы вызывают посинение раствора иодида калия с крахмалом. К каждому из растворов добавили избыток подкисленного раствора иодида калия с крахмалом и оттитровали 1 М раствором тиосульфата натрия до исчезновения синей окраски. Для титрования первого раствора понадобилось 66 мл раствора тиосульфата, для титрования второго — 11 мл. Определите вещество **Z** и составьте уравнения упомянутых реакций.

Задача № 14

При обезвоживании кислоты **A**, которая проявляет окислительные свойства, в присутствии оксида фосфора (V) образуется белое кристаллическое вещество **B**, в обычных условиях неустойчивое и разлагающееся с выделением смеси газов, один из которых кислород. Если газы поглотить водой, то образуется кислота **A**. При взаимодействии кислоты **A** с гидроксидом натрия образуется соль, которая при нагревании также выделяет кислород. При взаимодействии кислоты **A** с аммиаком образует соль, которая при прокаливании разлагается с выделением одного из оксидов азота **C**, который при дальнейшем повышении температуры разлагается с образованием кислорода. Определите вещества **A**, **B**, **C**. Составьте уравнения упомянутых в задаче реакций.

Задача № 15

Соль **A** является соединением металла **X**, окрашивающим бесцветное пламя газовой горелки в жёлтый цвет. При нагревании до 300 °С **A** разлагается с образованием хорошо растворимой в воде соли **B**. Взаимодействие раствора

гидроксида кальция с раствором соли **В** или с раствором соли **А** приводит к выпадению осадка вещества **С**, которое разлагается при нагревании до 1000 °С на твёрдое вещество **Е** и газ **Д**, не имеющий запаха. Пропускание газа **Д** в раствор соли **В** приводит к образованию **А**. Определите вещества **А–Е**, составьте уравнения реакций.

Задача № 16

При взаимодействии бесцветного газа **А** и хлорида железа (III) выпадает жёлтый осадок **В**. При его взаимодействии с концентрированной азотной кислотой выделяется бурый газ **С**, который при реакции с озоном превращается в белое кристаллическое вещество **Д**, образующее при взаимодействии с водой только азотную кислоту. Определить вещества **А, В, С, Д**. Составьте уравнения соответствующих реакций.

Задача № 17

Металл **А** энергично взаимодействует с водой, при этом образуется раствор вещества **В** и газ **С**, который, в свою очередь, может реагировать с веществом **А**. Образующееся при этом вещество **Д** вступает в реакцию с водой, при этом вновь образуется раствор **В** и выделяется газ **С**. Массовая доля элемента **А** в соединении **Д** равна 87,5%. Определите вещества **А, В, С** и **Д**, составьте уравнения химических реакций, упомянутых в задаче.

Задача № 18

При нагревании зеленого минерала **А** образуются три оксида — **В, С** и **Д**, причем эти оксиды в обычных условиях находятся в различных агрегатных состояниях. При взаимодействии **А** с избытком соляной кислоты образуются **В**

и **C**, а также вещество **E**, которое может быть получено взаимодействием **D** с соляной кислотой (в этой реакции образуется также **C**). Определите вещества **A–E** и составьте уравнения реакций, о которых идет речь в условии. Изменится ли состав продуктов термического разложения **A**, если нагревание проводить в атмосфере водорода?

Задание № 19

Смесь двух газов **A** и **B** пропустили через нагретую трубку с веществом **C** черного цвета. При этом из трубки выделялся только газ **A**, а порошок **C** полностью превратился в красное вещество **D**, причем масса **D** составила 80% от массы **C**. Плотность исходной газовой смеси составляла 80% от плотности газа на выходе из трубки, однако объёмы исходной газовой смеси и конечного газа, измеренные при одинаковых условиях, были равны. Определите вещества **A–D** и количественный состав исходной газовой смеси.

Задача № 20

Вещества **A** и **B** бурно реагируют между собой с образованием продукта **C**. При обработке **C** оксидом углерода (IV) образуются вещества **B** и **D** (**D** содержит 8,14% углерода и 32,5% кислорода). Определите вещества **A–D**, напишите уравнения реакций.

Задача № 21

Простое вещество **A** красного цвета сожгли в избытке воздуха. В результате образовался белый порошок **B**, который растворили в горячей воде и получили раствор **C**. Если раствор **C** нейтрализовать раствором карбоната натрия,

а затем добавить избыток раствора нитрата серебра, то выпадет ярко-желтый осадок **D**. Назовите вещества **A–D**.

Задача № 22

22 г бинарного соединения **A** подвергли обжигу в избытке воздуха. Образовался газ **B** и твердый остаток **C**. Раствор **C** в соляной кислоте после нейтрализации до слабокислой реакции дает синий осадок с желтой кровавой солью $K_4[Fe(CN)_6]$. При восстановлении **C** водородом образуется металл. Если весь образовавшийся газ **B** пропустить над катализатором вместе с газом, который выделяется при разложении бертолетовой соли, а продукт их взаимодействия растворить в воде, то получается 35 г 70 %-ного раствора вещества **D**, которое при нагревании взаимодействует с упомянутым выше металлом, выделяя газ **B**. При действии хлорида бария на раствор **D** выпадает белый осадок. Определите состав соединения **A**. Составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 23

В атмосфере бурого газа **A** сгорает простое вещество **B**, при этом образуются два газообразных вещества — сложное **C** и простое **D**. При сильном нагревании газа **C** также образуются два газообразных вещества — простое **E** и сложное **F**. Определите все вещества, о которых идет речь в задаче и составьте уравнения всех упомянутых реакций, если известно, что вещества **C**, **D** и **E** входят в состав воздуха.

Уровень II

Задача № 24

Газ **A** имеет плотность в три раза большую, чем воздух. При взаимодействии газа **A** с водой получается только кислота **B**. Под действием света кислота **B** разлагается с образованием кислот **C** и **D**. Если пропустить газ **A** через раскаленную стеклянную трубку, а потом растворить в воде, то образуется раствор двух кислот — **B** и **C**. При взаимодействии одного из продуктов термического разложения газа **A** с раствором щелочи в зависимости от температуры получается либо смесь солей кислот **B** и **C**, либо смесь солей кислот **C** и **D**. Определите упомянутые вещества и составьте уравнения реакций, если известно, что одна из солей кислоты **D** содержит 31,8 % (по массе) калия и 39,2 % (по массе) кислорода.

Задача № 25

Бесцветный газ **A** окисляется гипохлоритом натрия в сильнощелочной среде с образованием бесцветной жидкости **B**, дымящей на воздухе. При взаимодействии **B** с неустойчивой кислотой **C** образуется чрезвычайно взрывчатая жидкость **D**. При разложении **D** образуется смесь двух малорастворимых в воде газов **E** и **F** (в количественном соотношении 3 : 1) с относительной плотностью по водороду 10,75. Из смеси **E** и **F**, взятых в количественном соотношении 1 : 3 (относительная плотность смеси по водороду 4,25) при повышенной температуре и давлении, а также в присутствии платинового катализатора, можно получить вещество **A**. При смешивании концентрированного водного раствора **A** с желто-красным раствором про-

стого вещества **G** образуется газ **E** и бесцветный раствор соли **H**. Запишите формулы упомянутых веществ и уравнения описанных химических превращений. Подтвердите ваши предположения расчетами.

Задача № 26

Перед Вами текст научного трактата 1754 года: «При сильном нагревании *белая магнезия* переходит в *жжёную магнезию*, причём масса *жжёной магнезии* почти в два раза меньше массы взятой *белой магнезии*. *Жжёная магнезия* при обработке *купоросным маслом* даёт *эпсомскую соль*. Если на раствор *эпсомской соли* подействовать *поташом*, то выпадает осадок *белой магнезии*, а из раствора упариванием можно получить *купоросный камень*. *Купоросный камень* можно получить действием *поташа* на *купоросное масло*. *Купоросное масло* при этом также вскипает, как и при помещении в него *белой магнезии*». Что такое *белая магнезия*, *жжёная магнезия*, *купоросное масло*, *купоросный камень*, *поташ* и *эпсомская соль*? Напишите уравнения реакций упомянутых превращений.

Задача № 27

Газ, полученный при нагревании 0,18 г твёрдого неметалла **A** с избытком концентрированной серной кислоты, пропустили в избыток раствора гидроксида кальция, при этом выпало 2,04 г осадка. Определите исходное вещество **A**, учитывая, что при его сгорании образуется газообразное вещество. Ответ подтвердите расчётами.

Задача № 28

При растворении токсичного газа **A** (боевого отравляющего вещества) в водном растворе гидроксида натрия об-

разуются вещества **В** и **С**, широко используемые в быту. При взаимодействии вещества **А** с газом **Д**, который используется в медицине и в холодильном деле, образуется кристаллическое вещество **Е**, применяемое в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Газ **А** может быть получен в качестве единственного продукта при взаимодействии двух токсичных газов **Г** и **Н**, причём **Г** — оксид, а **Н** — простое вещество. Определите вещества **А**, **В**, **С**, **Д**, **Е**, **Г**, **Н** и приведите уравнения реакций, о которых идёт речь.

Задача № 29

Газовую смесь, полученную при разложении некоторого нитрата **А**, пропустили в раствор гидроксида калия. В поглотельном растворе были обнаружены нитрат и нитрит ионы. Масса твёрдого остатка **В** после разложения нитрата относится к массе исходного нитрата как 4 : 9. При прокаливании вещества **В** в токе угарного газа был получен темный порошок **С**, масса которого относится к массе **В** как 7 : 10. Определите вещества **А**, **В** и **С** и составьте уравнения всех упомянутых реакций.

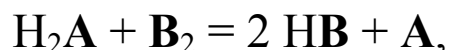
Задача № 30

На тёмный порошок металла **А** подействовали фтором при комнатной температуре. При этом образовался фторид **В** с содержанием фтора 24,20 % по массе. Дальнейшее пропускание фтора при температуре 400 °С ведёт к образованию **С** — высшего фторида металла **А** (массовая доля фтора 32,39%). Взаимодействие веществ **В** и **С** при нагревании ведёт к образованию вещества **Д**. При обработке как **С**, так и **Д** бромоводородной кислотой образуются вещество **В**, кислота **Е** и простое вещество **Г**. Определите

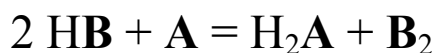
вещества **A–G** и составьте уравнения всех упомянутых реакций.

Задача № 31

В водном растворе протекает химическая реакция, уравнение которой имеет вид:



а в газообразном состоянии:



Что представляют собой вещества H_2A и HB , если известно, что вещества B_2 и A при н.у. — твердые и окрашенные?

Задача № 32

Твёрдое вещество **A** массой 4 г обработали хлором и получили единственный продукт **B**, жидкий при нормальных условиях. При внесении продукта **B** в избыток воды образуется 3 г исходного вещества **A** и сильноокислый раствор, при стоянии выделяющий газ **C** с плотностью по воздуху 2,2. При окислении кислородом исходной навески вещества **A** можно получить в 4 раза больше газа **C**, чем из раствора, полученного при внесении **B** в воду. Определите вещества **A**, **B** и **C**, ответ подтвердите расчетом.

Задача № 33

В концентрированной азотной кислоте растворили 23,70 г вещества **A**, состоящего из трёх элементов. К получившемуся раствору добавили избыток раствора хлорида бария. При этом образовалось 34,95 г белого осадка. Другую на-

веску вещества **A** такой же массы внесли в избыток соляной кислоты. Полученный раствор выпарили и остаток прокалили. Масса остатка после прокаливания составила 94,30 % от массы взятого вещества **A**. Определите вещество **A** и напишите уравнения всех реакций.

Задача № 34

При взаимодействии простого вещества **A** с хлороводородом образуется вещество **B** и водород, а при взаимодействии такой же массы вещества **A** с хлором образуется вещество **C** с массой в 1,254 раза большей, чем у вещества **B**. При взаимодействии с водой веществ как вещества **B**, так и вещества **C** образуется осадок **D**, который после прокаливания имеет массу в 2,143 раза большую, чем исходная масса **A**. Для полного осаждения хлорид-ионов из фильтрата, полученного растворением вещества **C** в воде и последующем отделением осадка **D**, требуется в 1,33 раза больший объем раствора нитрата серебра, чем для аналогичных манипуляций с веществом **B**. Установите, что представляют собой вещества **A**, **B** и **C**. Составьте уравнения всех описанных процессов.

Задача № 35

Взаимодействие водного раствора, содержащего 1,0 г нитрата металла **X** с раствором, содержащим 6,0 г некоторого галогенида натрия привело к образованию раствора **A** и белого кристаллического осадка массой 1,0 г, растворимого в водном растворе аммиака. Что представляет собой металл **X** и раствор **A**? Реагирует ли раствор **A** с растворами сульфата, сульфита и сульфида натрия. Составьте уравнения всех реакций, упомянутых в задаче.

Задача № 36

Через хлорную воду (раствор хлора в воде) пропустили газ **A** объемом 1 л (н.у.). После полного поглощения газа **A** в образовавшемся растворе содержались кислоты **B** и **C**. При обработке этого раствора избытком хлорида бария образовался осадок вещества **D** массой 10,4 г, нерастворимый в азотной кислоте, а в растворе осталась лишь кислота **C**. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D**. Составьте уравнения химических реакций, упомянутых в задаче.

Задача № 37

При пропускании V литров газа **A** (плотность по водороду 38,3) через стеклянную трубку, нагретую до красного каления, образовалось блестящее, красное в прозрачном слое металлическое зеркало (**B**) и $2V$ литров газа **C**, хорошо растворимого в титане. При пропускании газа **A** через водный раствор нитрата серебра выпадает осадок **D**. Определите вещества **A–D** и запишите уравнения упомянутых реакций.

Задача № 38

Белое твердое вещество **A** растворяется в воде с образованием кислого раствора. При взаимодействии **A** с концентрированной серной кислотой происходит выделение газа с молярной массой 20 г/моль, содержащего элемент **X**. Определите вещество **A**, если известно, что массовая доля элемента **X** в нем равна 48,7%. Почему раствор **A** в воде имеет кислую реакцию?

Задача № 39

Газ **A** реагирует с газом **B** в объёмном соотношении 1 : 2 с образованием белого кристаллического вещества **C**. При взаимодействии вещества **C** с водой образуется вещество **D**. Взаимодействие раствора, содержащего 1,00 г вещества **D** с избытком водного раствора BaCl_2 приводит к выпадению 2,05 г белого осадка **E**, который при действии HCl растворяется с выделением газа **A**. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и **E**.

Задача № 40

Неорганические вещества **A** и **B** реагируют в количественном соотношении 1 : 1 с образованием в качестве единственного продукта вещества **C**, имеющего молярную массу 100 г/моль. При реакции 1 моль **C** с 3 моль NaOH образуется 2 моль H_2O и эквимольная смесь двух солей **D** и **E**, молярные массы которых отличаются на 100 г/моль. Определите вещества **A**, **B** и **C**. Ответ подтвердите расчетом.

Задача № 41

При взаимодействии простого вещества **A** желтого цвета со смесью хлороводорода и хлора образуется вещество **B** светло-желтого цвета. Реакция избытка раствора **B** с раствором щелочи приводит к выпадению осадка **C**. Пропускание водорода при повышенной температуре над твердым **C** приводит к образованию **A**, масса которого составляет 80,4 % от массы взятого **C**. Определите вещество **A** и составьте уравнения реакций. Что изменится, если в реакции **B** с раствором гидроксида натрия взять избыток щелочи?

Задача № 42

3,07 г соединения **X** растворили в избытке водного раствора гидроксида натрия. Полученный раствор нейтрализовали азотной кислотой до $\text{pH} = 7$ и добавили избыток нитрата кальция. Выпавший белый осадок отфильтровали, высушили и взвесили — его масса составила 3,1 г. К фильтрату добавили избыток нитрата серебра, что вызвало выпадение еще 8,61 г белого осадка. Определите вещество **X** и напишите уравнения всех реакций, упомянутых в задаче.

Задача № 43

К смеси порошков простого вещества **A** темно-серого цвета и вещества **B** серебристо-белого цвета добавили несколько капель жидкости **C**. При этом произошла бурная реакция образования вещества **D**. При растворении вещества **D** в избытке раствора гидроксида натрия образовался прозрачный раствор. В этот раствор пропустили некоторый объем хлора, в результате чего выпал белый осадок **E**, а раствор окрасился в бурый цвет. Если же вещество **D** растворить в водном растворе аммиака, то осадок **E** выпадет сразу же. Определите вещества **A–E** и напишите уравнения упомянутых реакций.

Задача № 44

Газ **A** может быть получен реакцией бинарного солеобразного вещества, содержащего водород, с хлоридом элемента **X**. Этот газ используется как компонент ракетного топлива, поскольку выделяет большое количество теплоты при сгорании. Газ **A** обеспечивает бромную воду, а после упаривания раствора в остатке остается единственное вещество **B** — важный фармакологический препарат. Эбу-

лиоскопическое измерение (по повышению температуры кипения раствора) относительной молекулярной массы **В** дало величину 62. Конденсат, собранный при упаривании, содержит, кроме воды, также одно вещество, дающее осадок с раствором нитрата серебра. Массовая доля серебра в осадке 57,45 %. Определите, о каких веществах идет речь, если известно, что плотность газа **А** равна 1,25 г/л.

Задача № 45

При взаимодействии двух простых газообразных веществ **А** и **В** образуется газообразное вещество **С**. Полученный после растворения газа **С** в воде раствор разделили на две равные части. Первая часть раствора была подвергнута действию прямого солнечного света до прекращения выделения газов, затем к ней прибавили избыток раствора гидроксида лития. При этом выпал белый осадок массой 7,80 г. Ко второй порции раствора добавили избыток раствора гидроксида калия. Затем раствор упарили досуха, а остаток прокалили в присутствии оксида марганца (IV). При этом масса остатка уменьшилась на 4,80 г. Определите вещества **А**, **В** и **С** и напишите уравнения всех протекающих реакций.

Задача № 46

Соединения **А**, **В**, **С** и **Д** содержат один и тот же металл. При добавлении к раствору соли **А** раствора сильногидролизующейся соли **Е** выпадает осадок **В**. При прокаливании на воздухе при 600 °С вещество **В** дает без изменения массы вещество **С**. При взаимодействии растворов солей **А** и **Д** образуется осадок **С**. При прокаливании вещества **А** образуется **С** с уменьшением массы в 2,057 раза. Раствор соли **Е** можно получить пропусканием газа **Г** через избы-

ток раствора NaOH. Найдите вещества А–F, напишите уравнения всех реакций.

Задача № 47

1,25 г некоторого соединения растворили в двукратном избытке соляной кислоты. Половину полученного раствора вылили в избыток раствора щелочи, при этом никаких видимых изменений не произошло. При медленном подкислении щелочного раствора выпал осадок. Ко второй половине солянокислого раствора прибавили эквивалентное количество вещества нитрата серебра и получили осадок массой 5,74 г. Раствор над осадком окрашивал пламя в желтый цвет. Определите состав исходного соединения и напишите уравнения указанных реакций.

Задача № 48

Газ А пропускали через раствор сульфида бария до получения осадка и практически чистой воды. Если выпавший при этом осадок отфильтровать и обработать соляной кислотой, то он частично растворится, и при этом выделится также газ А. Оставшееся нерастворимое вещество при нагревании с концентрированной серной кислотой образует газ А, причем в растворе после реакции остаются только серная кислота и вода. Объясните все происходящие процессы и напишите уравнения реакций.

Задача № 49

К бесцветному водному раствору вещества А при слабом нагревании добавили бесцветный водный раствор вещества В. Полученный бесцветный раствор С имеет кислую реакцию и при дальнейшем добавлении раствора В приобретает окраску, образуя раствор D. Если к раствору С

прибавлять на холоду избыток раствора **В**, появляется окраска, которая при нагревании усиливается. Попытка упарить раствор **Д** приводит к образованию окрашенных паров воды. Все упомянутые растворы дают осадки с раствором нитрата серебра. Определите, о каких веществах и процессах идет речь. Дайте мотивированный ответ. Приведите уравнения всех описанных реакций.

Задача № 50

Два твердых вещества, взаимодействуя друг с другом, образуют смесь двух газов с плотностью по воздуху 4,21. После пропускания газовой смеси через воду объем смеси уменьшился на $\frac{1}{3}$, а плотность возросла на 7,42%. Определите, какие газы образовались в результате взаимодействия твердых веществ. Напишите уравнения всех описанных реакций.

Задача № 51

При прокаливании без доступа воздуха 10,00 г соли, известной еще со времен алхимии, сначала выделяется оксид **А**. Продолжение прокаливании приводит к образованию еще двух газообразных (в условиях опыта) оксидов **В** и **С**, а также твердого оксида **Д**. Оксид **А** (жидкость при комнатной температуре) растворяет оксид **С**. В результате образуется раствор массой 5,97 г. Отношение молекулярных масс веществ **В** и **С** составляет 0,8. Вещества **В** и **С** имеют одинаковый качественный состав. Массовые доли кислорода в оксидах **А**, **В**, **С**, **Д** соответственно равны 0,389; 0,500; 0,600; 0,300. Определите формулу соли. Какое тривиальное название она имеет? Ответ подтвердите расчетами. Составьте суммарное уравнение реакции.

Задача № 52

Смесь 2,746 г металлических опилок **A** с 3,386 г белого порошка **B** при поджигании ярко вспыхнула. После реакции собрано 6,132 г твердого продукта **C**, умеренно растворимого в воде. Из получившегося водного раствора при пропускании углекислого газа выпадает белый осадок **D**, который растворим в избытке углекислого газа. Если осадок **D** высушить, а затем прокалить при 1000 °С, то из 1,973 г **D** получится 1,533 г **C**. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D**. Напишите уравнения описанных реакций.

Задача № 53

Навеску 23,4 г вещества **A** прокалили без доступа воздуха. В результате получили 18,2 г красно-оранжевого вещества **B**, а также собрано 4,48 л NH_3 и 1,8 г H_2O . После этого с веществом **B** провели алюмотермию и получили 17 г оксида алюминия и королек (металлический слиток) вещества **C**. Если в солянокислый раствор вещества **A** бросить несколько гранул цинка, то можно будет увидеть один за другим следующие цвета: желтый, зеленый, голубой, зеленый, фиолетовый. Определите вещества **A–C**. Напишите уравнения реакций. К каким степеням окисления **C** может относиться каждый цветовой переход?

Задача № 54

Газы **A** и **B** являются галогенидами элемента **X**. При растворении в воде 1,00 г вещества **A** образовался аморфный осадок. Осадок отделили, и к полученному раствору прибавили избыток нитрата серебра. При этом было получено 3,67 г белого творожистого осадка. При проведении аналогичных операций с веществом **B** в результате добавле-

ния нитрата серебра осадок не образуется. Определите вещества **A** и **B**; предложите способы их получения. Составьте уравнения реакций, протекающих при растворении **A** и **B** в воде.

Задача № 55

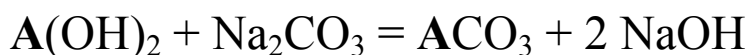
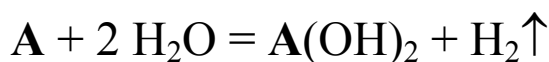
После пропускания искрового электрического разряда через смесь газов **A** и **B** произошел взрыв и образовалась смесь газов **C** и **D** с молярными массами, равными молярным массам исходных газов. Пропускание как исходной, так и конечной смеси над нагретым веществом **E** дает смесь двух газов одного и того же состава (по объему). Что представляют собой исходные газы? Напишите уравнения упомянутых реакций. Предложите по одному способу получения каждого из исходных газов в чистом виде.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Уровень I

Решение задачи № 1

Так как осадок **В** выпадает при действии Na_2CO_3 , очевидно, что он является карбонатом металла. К нерастворимым карбонатам относятся карбонаты двухвалентных металлов. Поскольку металл **А** взаимодействует с водой, речь идет о щелочноземельном металле.



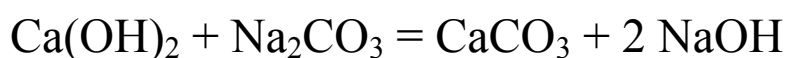
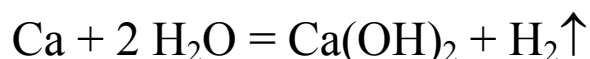
Обозначим атомную массу металла **А** за x г/моль, тогда молярная масса бромида ABr_2 составляет $(x + 160)$ г/моль. Из условия следует, что

$$\frac{m(\text{C})}{m(\text{A})} = \frac{M(\text{C})}{M(\text{A})} = \frac{x + 160}{x} = 5$$

откуда $x = 40$ г/моль, что соответствует кальцию. Легко убедиться, что

$$\frac{M(\text{CaBr}_2)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{200}{100} = 2, \text{ что соответствует условию задачи.}$$

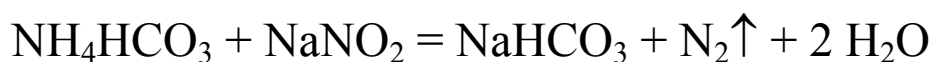
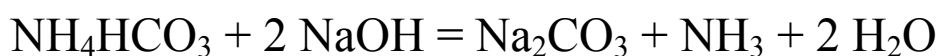
Уравнения реакций:



Решение задачи № 2

При действии разбавленной соляной кислоты на твердые вещества могут выделяться CO_2 , SO_2 , H_2S . Так как **В** — газ без цвета и запаха, следовательно, это CO_2 .

Единственным газом с резким запахом, который мог выделяться при действии щелочи на соль, является аммиак. Тогда вещество **А** — соль аммония. Так как объемы углекислого газа и аммиака равны, следовательно, равны их количества вещества. Такое соотношение $\text{NH}_3 : \text{CO}_2$ реализуется только в гидрокарбонате аммония NH_4HCO_3 . Газом **Д** ($M = 28$ г/моль), выделяющимся при действии раствора нитрата натрия при нагревании, может быть только азот N_2 . Уравнения протекающих реакций:



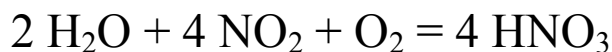
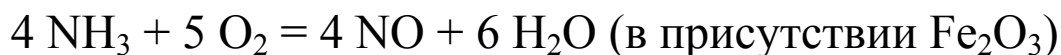
Решение задачи № 3

В условии имеются указания на условия синтеза аммиака, а название «лисий хвост» соответствует диоксиду азота NO_2 . Таким образом:

А — H_2 ,

В — N_2 ,

- C** — NH_3 ,
D — NO ,
E — H_2O ,
F — NO_2 (димеризуется в N_2O_4)
G — HNO_3



Решение задачи № 4

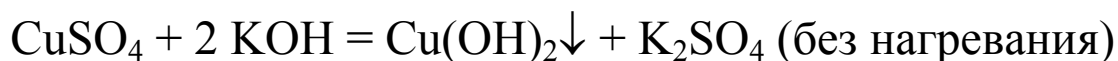
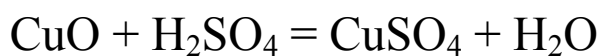
Синее нерастворимое вещество, чернеющее при нагревании — это гидроксид меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Черное нерастворимое вещество — это оксид меди CuO . Таким образом:

A — CuO

B — любая щелочь, например, KOH

C — $\text{Cu}(\text{OH})_2$

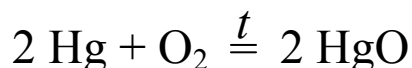
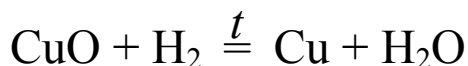
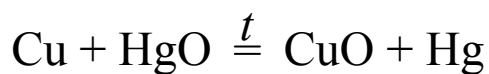
Уравнения реакций:



Решение задачи № 5

Красное вещество, широко применяющееся в электротехнике — медь. Простое вещество, применяющееся при из-

готовлении термометров — ртуть. Исходные красные порошки — это оксид ртути (II) и медь, X — CuO, Y — Hg.



Решение задачи № 6

Самый легкий металл — это литий Li. Таким образом:

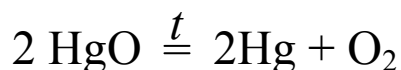
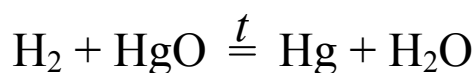
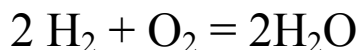
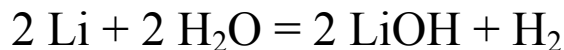
A — Li

B — H₂

C — HgO

D — Hg

Уравнения реакций:



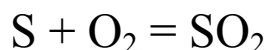
Решение задачи № 7

Газы, молярные массы которых отличаются в 2 раза — это кислород O₂ и оксид серы (IV). Таким образом:

A — S

B — O₂

C — SO₂

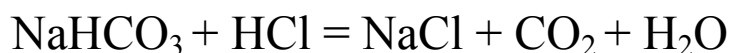


При растворении SO_2 в воде образуется сернистая кислота (кислая среда):



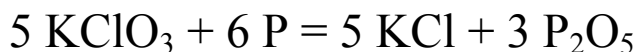
Решение задачи № 8

Молярная масса газа составляет 44 г/моль. Это может быть CO_2 . Углекислый газ выделяется при действии кислоты на карбонаты и гидрокарбонаты. Следовательно, **A** — это NaHCO_3 , **B** — CO_2 , **C** — NaCl .



Решение задачи № 9

Основная реакция:

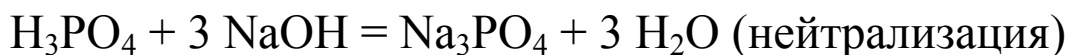


A — P

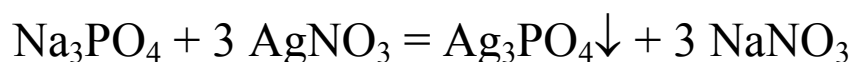
B — KClO_3

C — P_2O_5

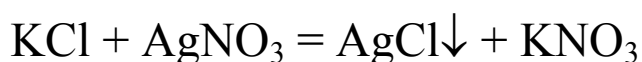
D — KCl .



Желтый осадок — фосфат серебра:

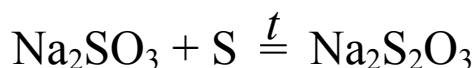
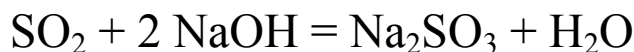
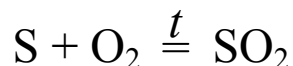


Белый осадок — хлорид серебра:



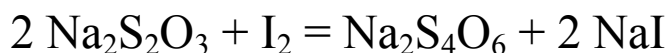
Решение задачи № 10

A — S; **B** — Na₂SO₃; **C** — Na₂S₂O₃.



Применение тиосульфата натрия:

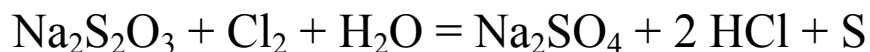
а) аналитическое определение йода:



б) фотография (растворяет AgBr):

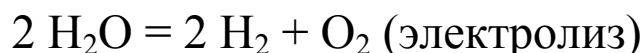
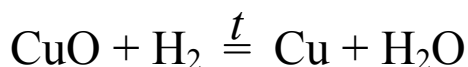


в) «нейтрализация» хлора («антихлор»):



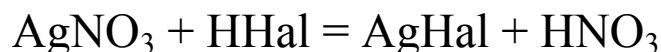
Решение задачи № 11

Простое вещество красного цвета **C** — это медь, тогда порошок черного цвета **A** может быть оксидом меди (II). При восстановлении оксида бесцветным газом **B**, скорее всего, водородом, образуются помимо металлической меди пары воды, конденсирующиеся в жидкость **D** (вода), при электролизе которой можно получить газ **B** — водород.



Решение задачи № 12

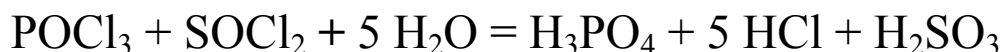
Кислота II представляет собой галогеноводород HHal , так как образует осадок с AgNO_3 .



$$M(\text{AgHal}) = \frac{14,35}{0,1} = 143,5 \text{ г/моль} \text{ — это } \text{AgCl}.$$

Кислота I — ортофосфорная H_3PO_4 , кислота II — соляная HCl , кислота III — сернистая H_2SO_3 .

В условии описаны следующие реакции:



Решение задачи № 13

Кристаллический порошок с металлическим блеском, способный растворяться при нагревании в азотной кислоте и в растворе щелочи — йод.

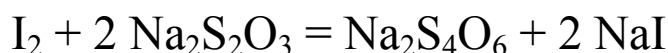
Найдём молярную массу его эквивалента. При растворении в азотной кислоте: $\frac{1,4 \times 1000}{66} = 21,2$ (г/моль). При рас-

творении в щелочи: $\frac{1,4 \times 1000}{11} = 127,2$ (г/моль). Это соот-

ветствует молярной массе эквивалента йода.

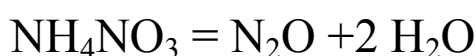
Уравнения реакций:



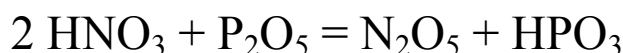


Решение задачи № 14

Соль аммиака, при нагревании выделяющая оксид азота — это нитрат аммония:



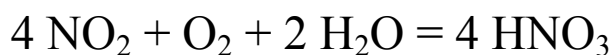
Таким образом, кислота **A** — азотная HNO_3 . При обезвоживании азотной кислоты образуется её ангидрид N_2O_5 :



Оксид азота (V) разлагается, согласно уравнению:



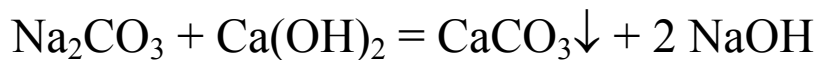
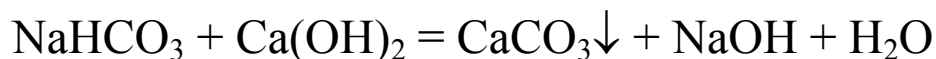
Газовая смесь поглощается водой с образование азотной кислоты:



Решение задачи № 15

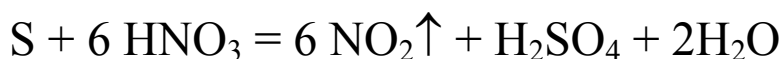
В жёлтый цвет окрашивают пламя газовой горелки соединения натрия, следовательно, **X** — Na. **C** — соль кальция, тогда **D** — кислотный газообразный оксид, например CO_2 или SO_2 . Подходит только CO_2 , т.к. SO_2 имеет резкий запах. **C** — CaCO_3 , **D** — CaO . Тогда **B** — Na_2CO_3 , и **A** — NaHCO_3 .

Уравнения реакций:

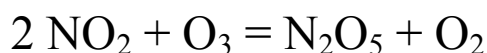


Решение задачи № 16

Вещество **В** — вероятно, сера (жёлтый осадок). Тогда бесцветный газ **А** — сероводород H_2S :



Бурий газ **С** — очевидно, NO_2 . Тогда белое кристаллическое вещество **Д**, образующее при растворении в воде только азотную кислоту — её ангидрид — оксид азота (**В**) N_2O_5 .



Решение задачи № 17

Газ **С**, выделившийся при реакции с водой — водород H_2 , тогда **А** — щелочной металл, а **Д** — гидрид.

Обозначим формулу гидрида как AH_n .

Пусть x г/моль — атомная масса металла, тогда $(x + n)$ г/моль — молярная масса гидрида.

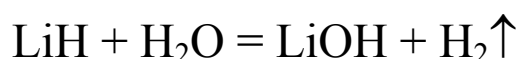
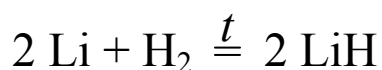
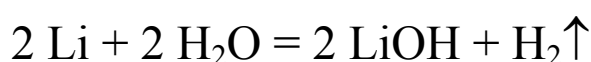
По определению массовой доли:

$$\omega(\mathbf{A}) = \frac{x}{x+n}, \text{ откуда } x = 7n \text{ г/моль.}$$

Единственный разумный вариант при $n = 1$ и $x = 7$ г/моль — это литий Li.

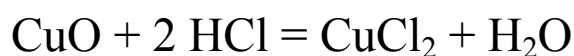
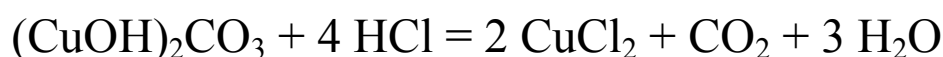
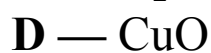
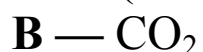
Итак, **A** — Li
 B — LiOH
 C — H₂
 D — LiH

Уравнения реакций:

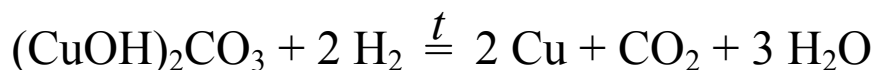


Решение задачи № 18

1) Поскольку жидкий и газообразный при н.у. оксиды, скорее всего, вода и углекислый газ, то зеленое вещество **A** — основной карбонат меди (малахит).



3) При нагревании малахита в присутствии водорода происходит восстановление меди:



(нагревание в атмосфере H_2)

Решение задачи № 19

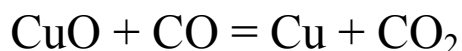
Превращение черного вещества **C** в красное вещество **D** напоминает восстановление оксида меди:



Изменение массы подтверждает это предположение:

$$M(\text{Cu}) = 0,8 \times M(\text{CuO}).$$

Следовательно, восстановитель, которым является газ **B**, присоединяет кислород и образует вещество **A**. Такому условию удовлетворяют газы CO (**B**) и CO_2 (**A**):



1 объём *1 объём*

Найдём состав газовой смеси:

$$\bar{M}(\text{исходной смеси}) = 22,4 \times \rho(\text{исходной смеси})$$

$$\rho(\text{исходной смеси}) = 0,8 \times \rho(\text{CO}_2)$$

$$\rho(\text{CO}_2) = \frac{44}{22,4} = 1,964 \text{ г/л}$$

$$\rho(\text{исходной смеси}) = 1,964 \times 0,8 = 1,57 \text{ г/л}$$

$$\bar{M}(\text{исходной смеси}) = 1,57 \times 22,4 = 35,2 \text{ г/моль.}$$

Пусть x — объемная доля CO в смеси, тогда доля CO_2 равна $(1 - x)$.

$$\bar{M}(\text{исходной смеси}) = 28x + 44(1 - x) = 35,2$$

$$x = 0,55$$

Таким образом, исходная смесь состояла из 45% (по объему) CO_2 и 55% (по объему) CO .

Решение задачи № 20

Определяем молярную массу вещества, содержащего 1 моль атомарного углерода:

$$M(\mathbf{D}) = \frac{125}{0,0814} = 147,4 \text{ г/моль.}$$

На кислород в полученном веществе приходится

$$m(\text{O}) = 147,4 \times 0,325 = 48 \text{ г.}$$

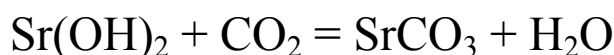
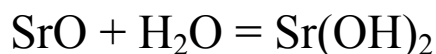
Т.к. молярное соотношение $n(\text{C}) : n(\text{O}) = 1 : 3$, очевидно, что в составе вещества имеется карбонат-ион.

В случае одновалентного металла его молярная масса равна $\frac{147,4 - 60}{2} = 43,7$ г/моль. Такого металла нет.

Если металл двухвалентный, его молярная масса равна $147,4 - 60 = 87,4$ г/моль. Металл — стронций. Дальнейший перебор не приводит к подходящим вариантам.

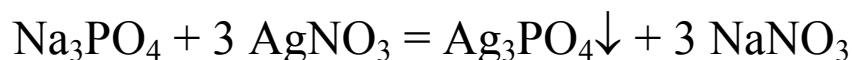
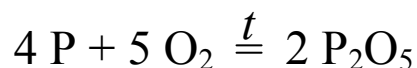
Получаем, что **D** — SrCO_3 .

Тогда **A** — SrO , **B** — H_2O , **C** — $\text{Sr}(\text{OH})_2$.



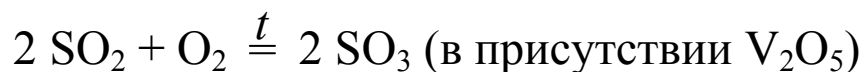
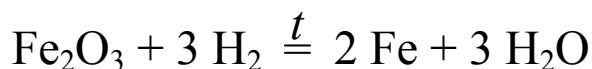
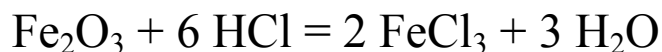
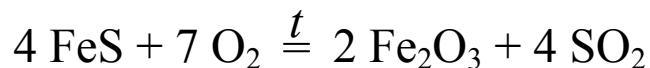
Решение задачи № 21

A — P ; **B** — P_2O_5 ; **C** — H_3PO_4 ; **D** — Ag_3PO_4



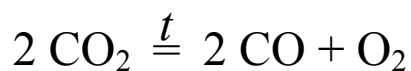
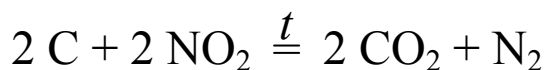
Решение задачи № 22

A — FeS; **B** — SO₂; **C** — Fe₂O₃; **D** — H₂SO₄



Решение задачи № 23

A — NO₂; **B** — C; **C** — CO₂; **D** — N₂; **E** — O₂; **F** — CO.



Уровень II

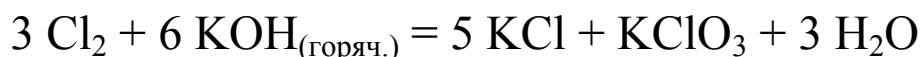
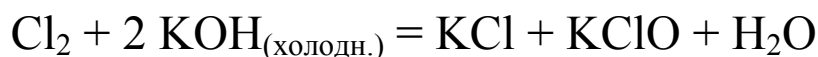
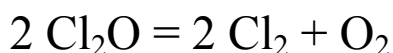
Решение задачи № 24

Условие электронейтральности формульной единицы соли кислоты **D**:

$$(+1) \frac{31,8}{39} + n \frac{100 - 31,8 - 39,2}{A} + (-2) \frac{39,2}{16} = 0$$

где A — молярная масса неизвестного элемента, n — степень его окисления. Из уравнения имеем $A = 7,1n$.

Если $n = 5$, то $A = 35,5$ г/моль. При других n разумных решений получить нельзя. Т.е. неизвестный элемент — хлор. Соль кислоты **D** — KClO_3 . Газ, содержащий хлор, с молекулярной массой $29 \times 3 = 87$ г/моль — оксид хлора (I) Cl_2O (вещество **A**). Значит, **B** — HClO , **C** — HCl , **D** — HClO_3 .



Решение задачи № 25

Вычислим значения молярных масс газов **E** и **F**.

Известно, что смесь 75 % (по объему) **E** и 25 % (по объему) **F** имеет среднюю молярную массу, равную 21,5

г/моль, а смесь 25 % (по объему) **E** и 75 % (по объему) **F** — 8,5 г/моль. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,75x + 0,25y = 21,5 \\ 0,25x + 0,75y = 8,5 \end{cases}$$

где $x = M(\mathbf{E})$, а $y = M(\mathbf{F})$.

Решая систему получаем:

$$M(\mathbf{E}) = 28 \text{ г/моль}$$

$$M(\mathbf{F}) = 2 \text{ г/моль}$$

Очевидно, что **F** — это водород H_2 . В задаче есть указание на условия синтеза аммиака (повышенная температура и давление, платиновый катализатор) — отсюда можно предположить, что газ **E** — азот N_2 . Тогда, газ **A** — аммиак NH_3 , а **D** — азидоводород HN_3 (это следует из количественного соотношения водорода и азота).

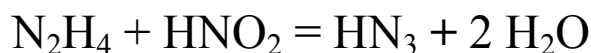
Синтез аммиака: $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 = 2 \text{NH}_3$

Разложение азидоводорода: $2 \text{HN}_3 = 3 \text{N}_2 + \text{H}_2$

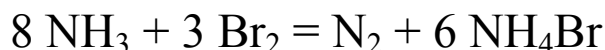
Аммиак окисляется щелочным раствором гипохлорита натрия до гидразина (вещество **B**):



Неустойчивая кислота **C**, реагирующая с гидразином с образованием азидоводорода — азотистая кислота HNO_2 .



Желто-красный раствор вещества **G** — это бромная вода. Аммиак обесцвечивает бромную воду согласно уравнению:



Решение задачи № 26

Белая магнезия — карбонат магния MgCO_3 ,

жжёная магнезия — оксид магния MgO ,

купоросное масло — серная кислота H_2SO_4 ,

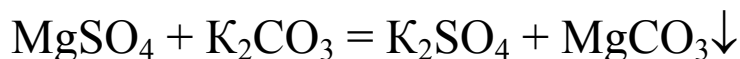
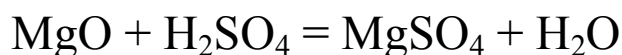
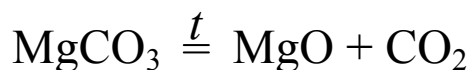
купоросный камень — K_2SO_4 ,

поташ — карбонат калия K_2CO_3 ,

эпсомская соль — MgSO_4 .

По условию $M(\text{MgO}) \approx \frac{1}{2} M(\text{MgCO}_3)$.

Уравнения реакций:

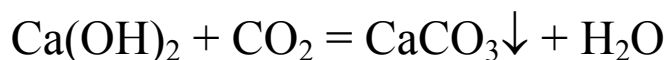
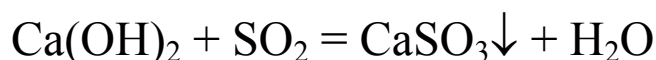


Возможен также такой вариант: *Белая магнезия* — основной карбонат магния $\text{Mg}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$.

По условию: $2 \times M(\text{MgO}) \approx M(\text{Mg}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2)$.

Решение задачи № 27

Если **A** — твёрдый неметалл, то газообразными продуктами окисления могут быть только SO_2 или CO_2 , т.е. **A** — либо углерод, либо сера. В осадок могут выпадать карбонат и сульфит кальция:



Если **A** — углерод, то $n(\text{C}) = \frac{0,18}{12} = 0,015$ моль.



$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{C}) = 0,015$ моль,

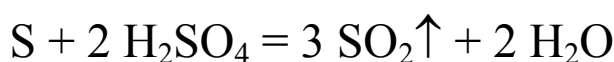
$m(\text{CaCO}_3) = 0,015 \times 100 = 1,5$ г,

$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 2n(\text{C}) = 0,03$ моль,

$m(\text{CaSO}_3) = 0,03 \times 120 = 3,6$ г

$m(\text{осадка}) = 3,6 + 1,5 = 5,1$ г, что больше, чем 2,04 г.

Если **A** — сера:



$n(\text{S}) = \frac{0,18}{32} = 0,0056$ моль,

$n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 3n(\text{S}) = 3 \times 0,0056 = 0,0170$ моль,

$m(\text{CaSO}_3) = 0,0170 \times 120 = 2,04$ г, что и соответствует условию.

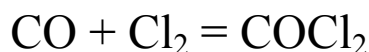
A — это сера S.

Решение задачи № 28

Газ **D**, применяемый в холодильном деле и в медицине — аммиак NH_3 . Вещество **E** — скорее всего, мочеви́на $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (удобрение), тогда, очевидно, что вещество **A** — фосген COCl_2 (получается из простого вещества — хлора Cl_2 — и угарного газа), **G** — оксид углерода (II) CO , **H** — хлор Cl_2 , **B** — поваренная соль NaCl , **C** — сода (кальцинированная Na_2CO_3 или питьевая NaHCO_3).

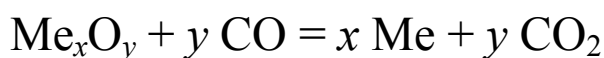
Уравнения реакций:





Решение задачи № 29

Очевидно, что вещество **В** — оксид металла. В токе CO происходит восстановление до свободного металла:



Пусть m — атомная масса металла **С**. Она удовлетворяет соотношению:

$$\frac{mx}{mx + 16y} = 0,7$$

Решим это уравнение для разных оксидов и составим таблицу:

Формула оксида	m
Me_2O	18,67
MeO	37,33
Me_2O_3	56,00
MeO_2	74,67

Подходит Fe ($m = 56$). Следовательно, формула оксида **В** — Fe_2O_3 .

Теперь найдём формулу нитрата.

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \text{ г/моль}$$

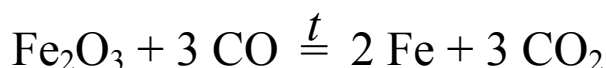
$$M(\text{нитрата}) = \frac{9 \times 160}{8} = 180 \text{ г/моль}$$

Получается, что это $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$.

Уравнения реакций:



Суммарное уравнение:



Решение задачи № 30

Обозначим формулы фторидов **B** и **C** как AF_n и AF_m , где $m > n$. Пусть x г/моль — атомная масса металла **A**, тогда $M(\text{AF}_n) = (x + 19n)$ г/моль, а $M(\text{AF}_m) = (x + 19m)$ г/моль.

По определению массовой доли:

$$\omega(\text{F в } \text{AF}_n) = \frac{19n}{x+19n} = 0,2420, \text{ откуда } x = 59,51n \text{ г/моль.}$$

$$\omega(\text{F в } \text{AF}_m) = \frac{19m}{x+19m} = 0,3239, \text{ откуда } x = 39,66m \text{ г/моль.}$$

$$39,66m = 59,51n$$

$$\text{откуда } \frac{m}{n} = 1,5.$$

Следовательно, возможны два варианта:

а) $n = 2, m = 3 \Rightarrow x = 119$ г/моль — Sn;

б) $n = 4, m = 6 \Rightarrow x = 238$ г/моль — U.

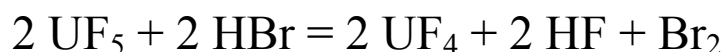
Высший фторид олова — SnF_4 . Таким образом, единственное решение — уран.

Тогда **B** — UF_4 , **C** — UF_6 , а **D**, очевидно, — UF_5 .





При взаимодействии UF_6 и UF_5 с HBr образуется UF_4 , значит, они выступают в роли окислителей, тогда простое вещество **G** – Br_2 . Кислота **E** — плавиковая:



Решение задачи № 31

Окрашенным веществом **A**, образующим водородное соединение H_2A может быть только сера. Веществом **B**₂ может быть только галоген, так как азот и водород не вытесняют серу из ее водородных соединений, а кислород не образует соединения **HВ**. Единственный твердый галоген при стандартных условиях — йод.

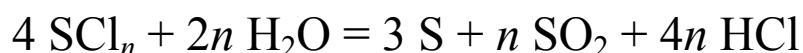
Таким образом, веществами H_2A и **HВ** являются соответственно H_2S и HI .

Решение задачи № 32

$M(\text{C}) = 29 \times 2,2 = 64$ г/моль — это соответствует молекулярной массе оксида серы (IV), который выделяется при нагревании из раствора сернистой кислоты. Значит, вещество **A**, реагирующее с хлором и кислородом, — сера **S**.

Тогда вещество **B** — один из хлоридов серы SCl_n .

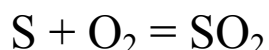
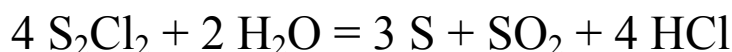
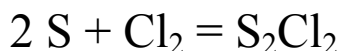
Вычислим n :



Баланс по сере: $4 = 3 + n \Rightarrow n = 1$

Полученная простейшая формула SCl соответствует хлориду S_2Cl_2 .

Уравнения реакций:



Решение задачи № 33

Выпадение осадка в сильно кислой среде в присутствии BaCl_2 наталкивает на мысль, что осадок — сульфат бария. Однако азотная кислота не может вытеснить серную из сульфата, следовательно, при обработке азотной кислотой произошла окислительно-восстановительная реакция с образованием сульфата, например, из сульфита. Обозначим этот сульфит Me_nSO_3 , где $n = 1$ для щелочного и $n = 2$ для щелочно-земельного металла. Так как ион SO_3^{2-} прореагировал полностью и ион SO_4^{2-} также выпал в осадок полностью, то можно провести расчет:

$$M(\text{BaSO}_4) = 233,40 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 34,95 \text{ г}$$

$$n(\text{BaSO}_4) = 0,150 \text{ моль}$$

$$M(\text{SO}_3^{2-}) = 80,1 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{SO}_3^{2-}) = 0,150 \text{ моль}$$

$$m(\text{SO}_3^{2-}) = 12 \text{ г}$$

Из этих данных составляем пропорцию:

$$23,7 \text{ г } \text{Me}_n\text{SO}_3 \text{ — } M_r(\text{Me}_n\text{SO}_3) = n \times M_r(\text{Me}) + 80,1$$

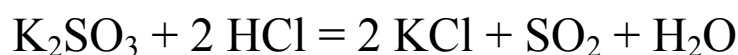
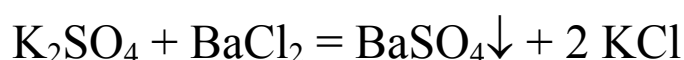
$$12 \text{ г } \text{SO}_3^{2-} \text{ — } M_r(\text{SO}_3^{2-}) = 80,1$$

$$\frac{23,7}{12} = \frac{n \times M(\text{Me}) + 80,1}{80,1}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{78,1}{n} \text{ г/моль}$$

Если $n = 1$, то $M(\text{Me}) = 78,1$ — элемента с такой относительной атомной массой нет.

Если $n = 2$, то $M(\text{Me}) = 39,05$, что соответствует элементу калию.



Решение задачи № 34

Простое вещество реагирует с хлором, образуя хлорид, а с хлороводородом — водород и хлорид иного состава. Образующиеся хлориды взаимодействуют с водой (гидролиз), при этом образуется нерастворимый осадок (гидратированный оксид). Тогда при прокаливании получается оксид **С** состава ЭO_x . По условию задачи и в соответствии с законом эквивалентов имеем:

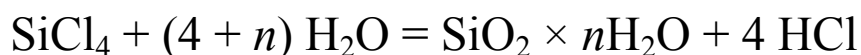
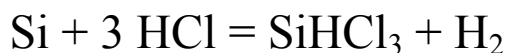
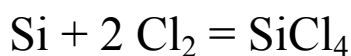
$$\frac{M_E(\text{Э}) + 8}{M_E(\text{Э})} = 2,143$$

где 8 — масса моля эквивалента (эквивалентная масса) кислорода.

Отсюда эквивалентная масса элемента Э составляет 6,99. Молярная масса элемента кратна этой величине. Единственное разумное решение — это кремний ($6,99 \times 4 = 28$ г/моль).

Итак **A** — Si, **B** — SiHCl_3 , **C** — SiCl_4 , **D** — SiO_2 .

$$\frac{M(\text{SiCl}_4)}{M(\text{SiHCl}_3)} = 1,254$$

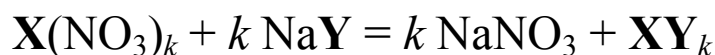


Решение задачи № 35

Даже с минимальной молярной массы эквивалента **X** (4,5 у бериллия) и максимальной **Y** у **NaY** (150 у **NaI**) соотношение количеств вещества эквивалентов достаточно велико:

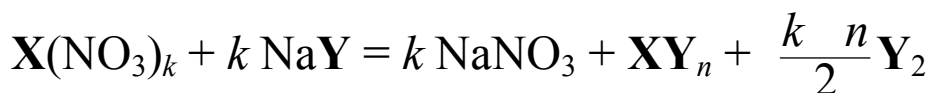
$$\frac{1,0}{66,5} : \frac{6,0}{150} = 3 : 8$$

Таким образом, большой избыток **NaY**. Для обменной реакции:



Y = 62 г/моль, но галогена с такой массой нет — реакция не обменная.

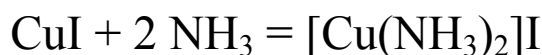
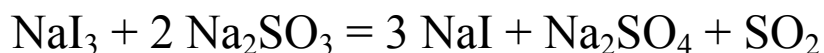
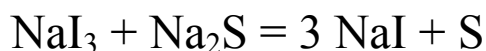
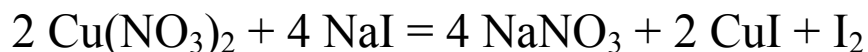
Если реакция окислительно-восстановительная:



$$\text{X} + 62k = \text{X} + n \times \text{Y}$$

$$\frac{\text{Y}}{62} = \frac{k}{n}$$

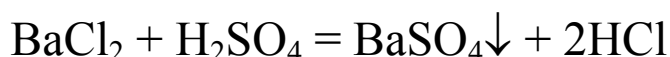
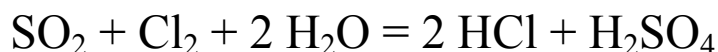
Если $Y = \text{йод}$, то $\frac{k}{n} = 2$, тогда при $n = 1$ X является медью.



Решение задачи № 36

Нерастворимый в азотной кислоте осадок соли бария — сульфат бария (**D**), оставшаяся в растворе кислота **C** — соляная кислота.

После поглощения газа **A** хлорной водой в растворе содержится кислота **B** (H_2SO_4) и **C** (HCl), откуда газ **A** — SO_2 , что подтверждается уравнениями реакций происходящих процессов:



Это подтверждается и расчётами по стехиометрической схеме:

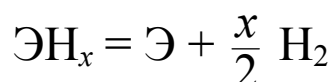


$$n(\text{BaSO}_4) = \frac{10,4}{233} = 0,045 \text{ моль.}$$

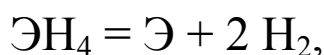
$$n(\text{SO}_2) = \frac{1}{22,4} = 0,045 \text{ моль.}$$

Решение задачи № 37

Исходя из данной плотности по водороду определяем молярную массу **A**: $M(A) = 38,3 \times 2 = 76,6$ г/моль. Хорошо растворимый в титане газ **C** — водород. Тогда газ **A** — гидрид, разлагающийся при нагревании с выделением водорода:

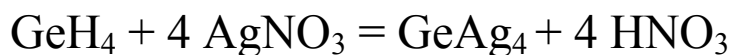


Исходя из того, что один объем **A** дает два объема водорода, $x = 4$, то есть **B** — элемент IV группы:



$M(B) = 76,6 - 4 = 72,6$ г/моль, следовательно, **B** — германий Ge.

Уравнения реакций:



Вещество **D** — GeAg_4 . На основании приведенных реакций в начале XX века была установлена формула гидроксида германия GeH_4 .

Решение задачи № 38

Газ с молярной массой 20 г/моль существует только один — это HF. Получаем, что **A** — некий фторид (предположительно металла, так как он твердый). Пусть **A** имеет формулу вида M_xF_y , тогда молярная масса металла равна:

$$M(M) = \frac{\frac{y \times M(F)}{\omega(F)} - y \times M(F)}{x}$$

Подбором целых чисел x и y находим единственное решение $M = \text{Ca}$. Однако CaF_2 не растворим в воде. Но фтор образует еще один класс солей — гидрофториды — соли с анионом HF_2^- , который за счет гидролиза в воде образует кислую реакцию раствора. Учитывая этот анион, веществом **A** является KNF_2 ($M(\text{Ca}) = M(\text{K}) + M(\text{H})$).

Решение задачи № 39

Белый осадок **E**, растворяющийся с выделением газа — скорее всего карбонат бария. Рассчитаем отсюда молярную массу **D**:

$$M(\mathbf{D}) = \frac{1,00}{2,05} \times M(\text{BaCO}_3) = 96 \text{ г/моль.}$$

Вероятно, что **D** — также некий карбонат (общая формула MCO_3 или M_2CO_3), а реакция, приводящая к выпадению осадка — реакция обмена.

Найдем молярную массу **M**:

$$M(\mathbf{M}) = 96 - 2 - 3 \times 16 = 36 \text{ (для формулы } \text{MCO}_3\text{) или}$$

$$M(\mathbf{M}) = \frac{96 - 12 - 3 \times 16}{2} = 18 \text{ (для формулы } \text{M}_2\text{CO}_3\text{).}$$

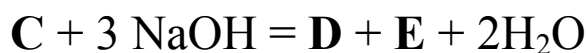
При $M(\mathbf{M}) = 18$, $M = \text{NH}_4^+$ (это можно также заключить из того, что вещество **D** получается из взаимодействия двух газов и воды, поэтому оно вряд ли содержит металл. Один из наиболее распространенных, не содержащих металл катионов, это NH_4^+). Очевидно, что если **D** — $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$,

то **A** и **B** — CO_2 и NH_3 соответственно. Вещество **C** можно попытаться установить, исходя из его состава — $\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_2$. По аналогии с амидами карбоновых кислот, можно предложить формулу $\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ — карбамат аммония.

Ответ: **A** — CO_2 , **B** — NH_3 , **C** — $\text{NH}_2\text{COONH}_4$, **D** — $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, **E** — BaCO_3 .

Решение задачи № 40

Запишем схемы реакций, о которых идет речь в задаче:



Из второго уравнения очевидно, что вещество **C** содержит один атом водорода. Из того, что при взаимодействии **C** с NaOH образуется смесь двух солей логично предположить, что **C** — это смешанный ангидрид двух кислот. Обозначим за x и y , части этих кислот входящие в **C**, тогда можно записать уравнения:

$$x + y + M(\text{H}) = 100$$

$$x + 2 \times M(\text{Na}) + M(\text{O}) = y + M(\text{Na}) + 100$$

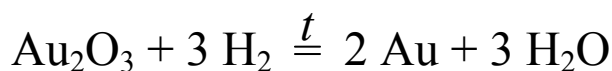
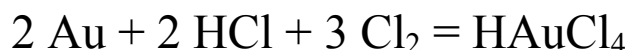
Второе уравнение следует из следующего соображения: при реакции **C** с 3 моль NaOH в продукты (**D** и **E**) переходит 3 атома Na и один атом кислорода. Из большой разницы молекулярных масс **D** и **E** логично предположить, что они разделяются следующим образом — 2 атома Na и кислород переходят в ту соль, которая тяжелее (в случае нашего уравнения образованную остатком x), а оставшийся один Na — в другую соль. В результате решения системы уравнений получаем:

$$M(x) = 80, M(y) = 19$$

откуда $y = F$. Подбором по молекулярной массе находится и вторая часть $x = SO_3$. Итак **A** и **B** — это HF и SO_3 , **C** — HSO_3F , а **D** и **E** — NaF и Na_2SO_4 .

Решение задачи № 41

A — Au, **B** — $HAuCl_4$, **C** — Au_2O_3 .



В случае избытка NaOH:



Решение задачи № 42

Осадок, выпавший при добавлении нитрата серебра, вероятно AgCl.

$$n(AgCl) = \frac{8,61}{143,5} = 0,06 \text{ моль}$$

Представим вещество **X** формулой ACl_x . Тогда молярная масса **A** равна:

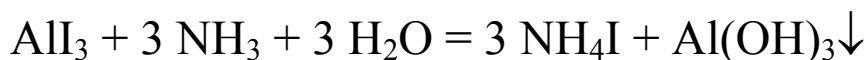
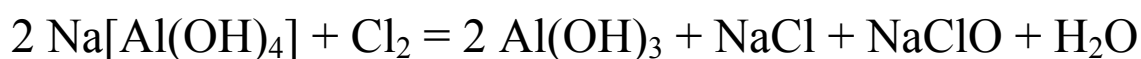
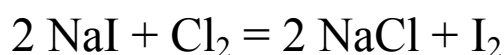
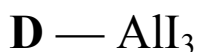
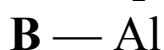
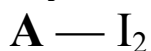
$$M(A) = \frac{3,07x}{0,06} - 35,5x = 15,67x$$

Отсюда находим $A = 47$ и $x = 3$ (при других x получаются не целочисленные значения **A**).

Осадок, выпавший при добавлении нитрата кальция, может быть фторидом, карбонатом или фосфатом (сульфат кальция выпадает только при нагревании раствора). Таким образом А должно содержать С, F или P. Разумный ответ получается только при последнем варианте — А = PO. Таким образом, X — POCl₃.

Решение задачи № 43

Ключ к решению задачи — реакция двух простых веществ в присутствии катализатора (воды).



Решение задачи № 44

Солеобразное вещество, состоящее из двух элементов, один из которых водород, очевидно, гидрид, т.е. соединение с H⁻ (соединение с H⁺ обладало бы кислотными свойствами). Ясно, что второй элемент гидрида — более электроположительный, чем водород, и будет реагировать с XCl₃ с отщеплением хлора. Тогда оставшиеся ионы в со-

единении друг с другом будут иметь формальные заряды X^{3-} и H^- .

Указание на то, что **A** — газ, свидетельствует о следующем: во-первых, **X** — элемент, расположенный в IIIА группе Периодической системы и, во-вторых, элемент легкий. Можно, следовательно, предположить, что газ **A**, возможно, гидрид бора.

Соединение **B** по условию не содержит брома:

$$M = 62 < M_r(\text{Br}) = 80,$$

т.е. это — либо продукт окисления **A**, либо продукт его гидролиза. Вполне логично предположить, что, поскольку все происходило в воде, **B** содержит водород и кислород. Фармакологические свойства **B** указывают на борную кислоту H_3BO_3 . Осадок по расчету — $AgBr$:

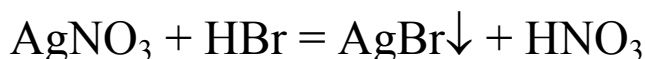
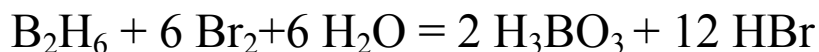
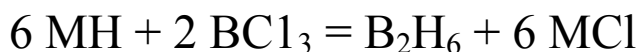
$$108 \text{ г Ag} — 57,45 \%$$

$$x \text{ г} — 42,55 \%$$

$$x = 80$$

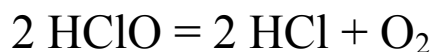
В конденсате была, таким образом, бромоводородная кислота, т.е. Br_2 восстанавливается соединением **A** в Br^- . Это также указывает на то, что **A** — гидрид. На основании полученных данных можно предположить, что **A** — это BH_3 , однако приведенная в условии задачи плотность 1,25 г/л свидетельствует о том, что $M(\text{A}) = 28$ г/моль; поэтому полученную формулу гидрида необходимо удвоить. В этом случае, газ **A** — B_2H_6 .

Уравнения упомянутых в условиях задачи химических реакций:



Решение задачи № 45

Анализ возможных случаев разложения под действием солнечного света продукта взаимодействия газа В с водой приводят к выводу о содержании в растворе хлорноватистой кислоты:



Осадок, образовавшийся при добавлении гидроксида лития, — труднорастворимая соль лития. Из нерастворимых солей лития (фторид, карбонат, фосфат) условию задачи удовлетворяет фторид лития количеством вещества

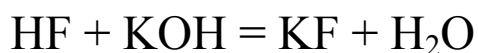
$$n(\text{LiF}) = \frac{7,8}{26} = 0,3 \text{ моль.}$$

Образование фторида лития свидетельствует о присутствии в растворе фтороводородной кислоты (согласно уравнению реакции $\text{HF} + \text{LiOH} = \text{LiF} + \text{H}_2\text{O}$).

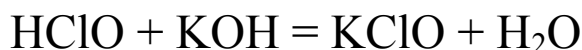
$$n(\text{HF}) = 0,3 \text{ моль, следовательно}$$

$$n[\text{F}] = 0,3 \text{ моль}$$

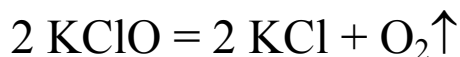
Во второй порции раствора после добавления гидроксида калия протекают следующие реакции:



(KHF_2 не образуется т.к. избыток щелочи)



При прокаливании (в присутствии MnO_2) полученного после упаривания раствора протекает реакция:



Количество выделившегося кислорода равно

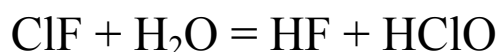
$$n(\text{O}_2) = \frac{4,8}{32} = 0,15 \text{ моль,}$$

следовательно, $n(\text{KClO}) = 0,3$ моль, откуда

$$n[\text{Cl}] = 0,3 \text{ моль}$$

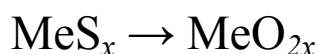
Таким образом, вещество **С** соединение содержащее хлор и фтор в атомном отношении 1 : 1

($n[\text{C}] : n[\text{F}] = 0,3 : 0,3$) — фторид хлора ClF . При его гидролизе в воде происходит реакция:



Решение задачи № 46

Из условия задачи следует, что газ **F** имеет кислотный характер, а **E** — соль образованная этой кислотой. Веществом **E** может быть оксид серы (IV), оксид углерода (IV) или сероводород. Условиям задачи удовлетворяет сероводород. Этот газ образует сульфиды, которые могут окисляться в оксиды без изменения массы. Этому процессу отвечает следующая схема:



Итак, **F** — сероводород, **B** — сульфид, **C** — оксид металла. Окислительный обжиг, схема, которого приведена выше, характерен для двух металлов с переменной валентностью — олово и марганец. Но другим условиям задачи ($\text{A} + \text{D} \rightarrow \text{C}$; $\text{A} \rightarrow \text{C}$) отвечает только марганец.

A — соль двухвалентного марганца MnX_n , где $n = 1, 2$.

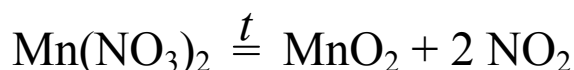
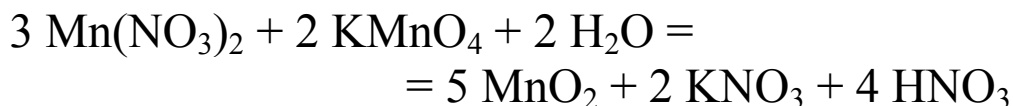
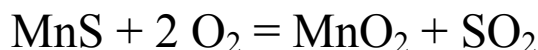
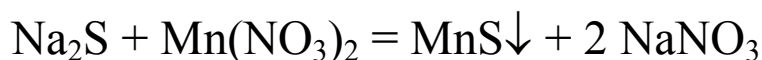
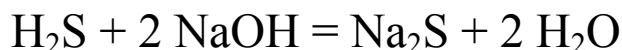
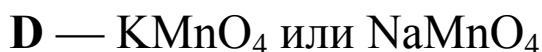
B — MnS , а **C** — MnO_2 , **D** — KMnO_4 или NaMnO_4 .

Чтобы найти анион **X**, нужно воспользоваться данными условия задачи об уменьшении массы **A** при прокаливании:

$$\frac{55+X}{55+32} = 2,057$$

X — молярная масса аниона. Из уравнения следует, что $X = 124$, если анион двухвалентен, или $X = 62$ — если одновалентен.

Единственным анионом с такой массой является нитрат. Из приведенных рассуждений следует:



Решение задачи № 47

По массе хлорида серебра определяем количество соляной кислоты:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{AgCl}) = \frac{5,74}{143,5} = 0,04 \text{ моль}$$

Значит, к исходной навеске было добавлено 0,08 моль соляной кислоты, из которых с исходным веществом прореагировало только 0,04 моль.

В состав исходного соединения входит натрий, так как раствор над осадком хлорида серебра окрашивает пламя в желтый цвет.

Выделяющийся при подкислении щелочного раствора осадок — амфотерный гидроксид. Значит, исходное вещество может представлять собой соединение типа Na_2MeO_2 , NaMeO_2 или Na_2MeO_3 . Разберем каждый вариант по отдельности.

Находим молярную массу для соединения типа Na_2MeO_2 :



$$n(\text{HCl}) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{MeO}_2) = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{MeO}_2) = 1,25 \text{ г}$$

$$M(\text{Na}_2\text{MeO}_2) = 125 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = (125 - 16 \times 2 - 23 \times 2) = 47 \text{ г/моль.}$$

Двухвалентного металла с такой молярной массой нет.

Находим молярную массу для соединения типа NaMeO_2 :



$$n(\text{HCl}) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaMeO}_2) = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaMeO}_2) = 1,25 \text{ г}$$

$$M(\text{NaMeO}_2) = 125 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = (125 - 16 \times 2 - 23) = 70 \text{ г/моль. Это — галлий.}$$

Находим молярную массу для соединения типа Na_2MeO_3 :



$$n(\text{HCl}) = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{MeO}_3) = 0,00667 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{MeO}_3) = 1,25 \text{ г}$$

$$M(\text{Na}_2\text{MeO}_3) = 187,5 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 187,5 - 16 \times 3 - 23 \times 2 = 93 \text{ г/моль.}$$

Четырехвалентного металла с такой молярной массой нет.

Следовательно, искомое вещество NaGaO_2 .

Уравнения реакций:



(избыток NaOH)

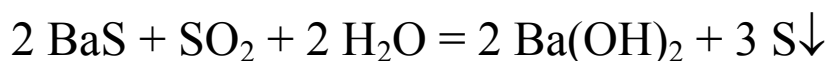


(медленное подкисление)

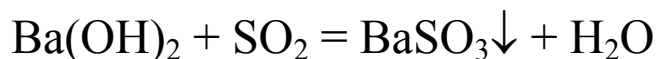


Решение задачи № 48

Неизвестный газ А представляет собой оксид серы (IV) SO_2 , который при реакции с раствором сульфида бария сначала образует осадок серы:



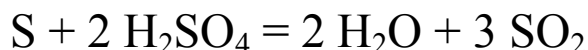
При дальнейшем пропускании сернистого газа выпадает осадок сульфита бария:



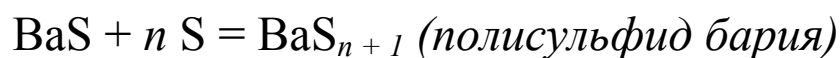
При действии соляной кислоты происходит растворение только сульфита бария, и выделяется исходный газ X (SO_2):



Оставшаяся нерастворенной сера окисляется при нагревании в концентрированной серной кислоте, образуя также диоксид серы:

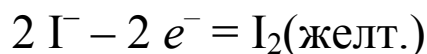


Серa способна также растворяться в растворах сульфидов, в частности, в растворе сульфида бария:



Решение задачи № 49

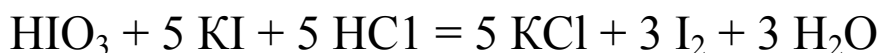
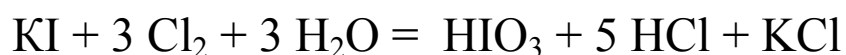
Ключ к решению задачи — окрашенные пары воды при упаривании раствора **D** и осадки с AgNO_3 всех растворов — речь идет о соединениях галогенов. Окраску раствору **D** и парам воды придает йод. Из двух бесцветных растворов **B** и **C** один содержит иодид калия, а другой — окислитель:



Получаем, что **B** — это KI , а **C** — окислитель.

Поскольку окислитель **C** получается по первой упомянутой реакции из **B**, значит, в растворе **C** — йодсодержащий окислитель, а раствор **A** содержит еще более сильный окислитель (индивидуальное вещество **A**), например, хлор (хлорная вода). Другие бесцветные растворители, например, раствор перекиси водорода H_2O_2 , во-первых, не окисляют I^- до положительных степеней окисления, во-вторых, дают с KI щелочную среду. Концентрированная серная кислота окисляет I^- до I_2 .

Уравнения упомянутых реакций:



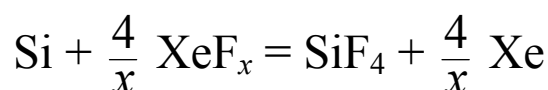
Решение задачи № 50

Масса 22,4 л газовой смеси равна 122,09 г ($4,21 \times 29$). Поглощаемый газ составляет $1/3$ объема газовой смеси, $2/3$ не поглощается ($M = 131$ г/моль, что может соответствовать одноатомному ксенону), значит, можно записать выражение:

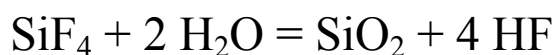
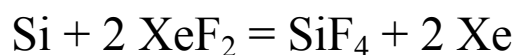
$$\frac{1}{3} \times M + \frac{2}{3} \times 131,29 = 122,09, \text{ откуда } M = 103,69 \text{ г/моль.}$$

Если учесть, что твердые соединения ксенона — фториды или оксиды, то второй газ — фторид XeF_n , где $n < 5$, так как $19 \times 5 = 95$.

n	1	2	3	4
$A_r(\text{Э})$	84,7	65,7	46,7	27,69
	—	ZnF_2 (ТВ.)	—	SiF_4 (газ)



$$\frac{4}{x} = 2; \quad x = 2$$



В растворе могут быть плавиковая (фтороводородная) и гексафторокремниевая кислота. В осадке — гидратированный оксид кремния(IV).

Решение задачи № 51

Очевидно, вещество **A** — вода. Массовая доля кислорода в этом оксиде велика — 0,889. Следовательно, на первом этапе прокаливания выделяется кристаллизационная вода.

Так как $\frac{M(\mathbf{B})}{M(\mathbf{C})} = 0,8$ и эти оксиды имеют одинаковый качественный состав, справедливо следующее алгебраическое уравнение

$$\frac{16x}{0,5} : \frac{16y}{0,6} = 0,8$$

x и y — число атомов кислорода в молекуле каждого из оксидов. Из уравнения следует, что $y = 1,5x$.

Если предположить, что оксиды не образуют димеров, то реальное значение $x = 2$; $y = 3$. Из этого следует, что **B** имеет формулу ЭO_2 , тогда $M(\mathbf{B}) = \frac{16 \times 2}{0,5} = 64$ г/моль.

Значит, $A_r(\text{Э}) = 32$. Элемент Э — сера; вещество **B** — SO_2 вещество **C** — SO_3 .

В результате прокаливания образуется смесь двух оксидов серы. Это дает основания предполагать, что исходная соль — железный купорос.



Это означает, что вещество **D** — оксид железа Fe_3O_4 . Массовая доля кислорода в этом оксиде 0,300, что соответствует условию задачи.

Определим формулу кристаллогидрата. В соответствии с уравнением, массы серной кислоты и воды будут равны:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \times 98}{(152 + 18n) \times 2}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10 \times (2n - 1) \times 18}{(152 + 18n) \times 2}$$

Составим алгебраическое уравнение:

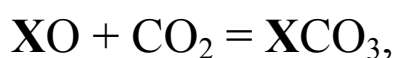
$$\frac{10 \times 98}{(152 + 18n) \times 2} + \frac{10 \times (2n - 1) \times 18}{(152 + 18n) \times 2} = 5,97$$

Решение уравнения приводит к тому, что $n = 7$, следовательно, формула соли $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$.

Получаемый по этой реакции во времена алхимии (XIII век) раствор серной кислоты назывался купоросным маслом. Неизвестная соль - купорос. Купорос — это кристаллогидрат сульфата двухвалентного металла (меди, железа, цинка, никеля). Сульфаты кристаллогидратов щелочных и щелочно-земельных металлов при прокаливании не разлагаются до оксидов серы.

Решение задачи № 52

Осадок **D**, получающийся при действии углекислого газа на умеренно растворимый **C**, — это карбонат металла II группы, поскольку он растворим в избытке углекислого газа (с образованием кислой соли). При прокаливании карбоната получается исходный продукт **C**. Следовательно, **C** — оксид металла второй группы. Тогда по разности масс карбоната и оксида находим молекулярную массу оксида:



$$m(\text{CO}_2) = m(\text{XCO}_3) - m(\text{XO}) = 1,973 - 1,533 = 0,44 \text{ г},$$

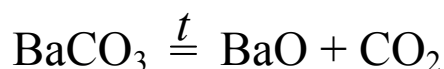
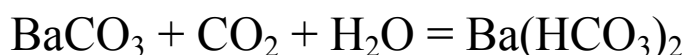
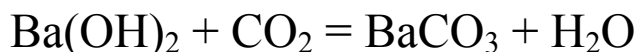
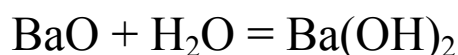
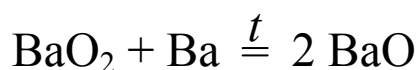
$$n(\text{CO}_2) = \frac{0,44}{44} = 0,01 = n(\text{XO}),$$

$$M(\text{XO}) = \frac{1,533}{0,01} = 153,3 \text{ г/моль, откуда X — Ba.}$$

Оксид металла второй группы — BaO.

Тогда реакция металла А с белым порошком В, при которой масса продукта равна сумме масс исходных веществ, — это реакция металлического бария с пероксидом бария.

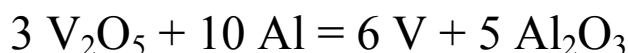
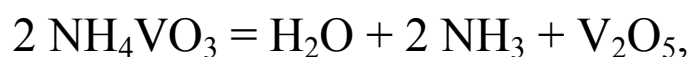
Таким образом, **A** — Ba; **B** — BaO₂; **C** — BaO; **D** — BaCO₃.



Решение задачи № 53

Из описания цветовых переходов и свойств продуктов разложения вещества **A** можно сделать вывод, что это соль переходного металла, содержащая ион аммония и атомы кислорода, а красно-оранжевый остаток — это оксид металла. Из 18,2 г оксида во время алюмотермии получилось 17 г оксида алюминия. Можно подсчитать массу металла — 10,2 г; подбором получим, что это ванадий.

Происходят следующие реакции:



Таким образом, **A** — NH_4VO_3 , **B** — V_2O_5 , **C** — V .

Изменения окраски: желтый — VO_2^+ , зеленый (смесь цветов) — VO_2^+ и VO^{2+} , голубой — VO^{2+} , зеленый — V^{+3} , фиолетовый — V^{2+} .

Решение задачи № 54

$$n(\text{AgCl}) = 0,0256 \text{ моль}$$

$$m[\text{Cl}] = 0,0256 \times 35,5 = 0,9088 \text{ г}$$

Предположим, формула галогенида XCl_n . Рассчитаем возможные молекулярные массы X , пользуясь тем, что

$$m[\text{X}] = 0,0912 \text{ г}$$

$$n[\text{X}] = \frac{0,0256}{n} \text{ моль}$$

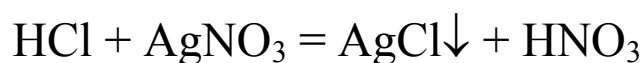
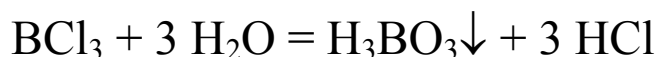
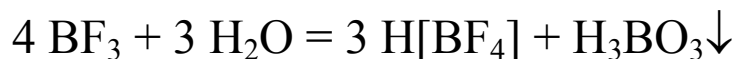
$n = 1$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0256} = 3,6 \text{ г/моль}$	—
$n = 2$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0128} = 7,1 \text{ г/моль}$	Li
$n = 3$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0085} = 10,7 \text{ г/моль}$	B
$n = 4$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0064} = 14,3 \text{ г/моль}$	N
$n = 5$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0051} = 17,9 \text{ г/моль}$	—
$n = 6$	$M(\text{X}) = \frac{0,0912}{0,0043} = 21,2 \text{ г/моль}$	—

$n = 7$	$M(X) = \frac{0,0912}{0,0037} = 24,7 \text{ г/моль}$	Mg
$n = 8$	$M(X) = \frac{0,0912}{0,0032} = 28,5 \text{ г/моль}$	Si

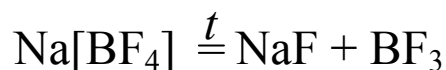
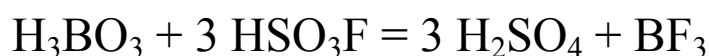
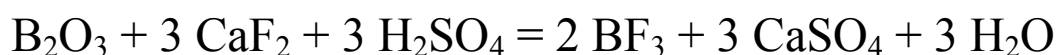
Из всех вариантов подходит только бор, следовательно, вещество **A** имеет формулу BCl_3 . Вещество **B** в аналогичных условиях осадка не образовало, значит, в его состав входит фтор (фторид серебра растворим в воде).

Итак, **A** — BCl_3 , **B** — BF_3 .

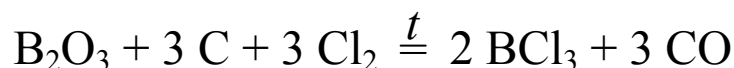
Уравнения реакций:



Получение BF_3 :



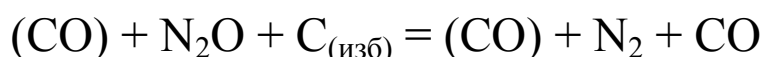
Получение BCl_3 :



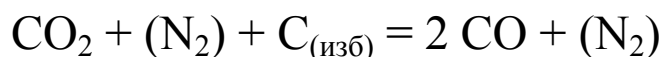
Решение задачи № 55

Существует достаточно широкий набор газообразных веществ с равными молярными массами: 28 г/моль — N_2 , CO , C_2H_4 , B_2H_6 ; 30 г/моль — NO , C_2H_6 , 44 г/моль — CO_2 , N_2O , C_3H_8 , CH_3CHO , $(\text{CH}_2)_2\text{O}$. Из перечисленных газов условию задачи удовлетворяет пара $\text{CO} + \text{N}_2\text{O}$:

В качестве вещества **Е** можно взять углерод:

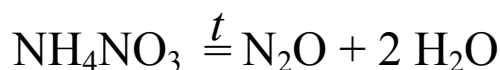


(реакция в исходной смеси)

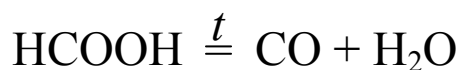


(реакция в конечной смеси)

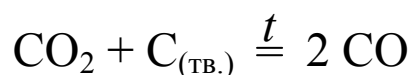
2. Оксид азота (I) получают разложением нитрата аммония:



оксид углерода (II) — обезвоживанием муравьиной кислоты:



или пропусканием углекислого газа над раскаленным углем:



Ответ: **A** — CO , **B** — N_2O , **C** — CO_2 , **D** — N_2 , **E** — C .

ПРИЛОЖЕНИЕ

Как вы уже поняли, во всех подобных задачах зашифрована цепочка превращений неорганических веществ и приведена некоторая информация об их физических или химических свойствах. Для успешного выполнения задания необходимо расшифровать все вещества и написать уравнения химических реакций происходящих процессов.

Поскольку неорганических веществ известно около миллиона, естественно, что можно составить очень много задач с цепочками превращений этих веществ. Но, как правило, в этих задачах всегда присутствуют «зацепки», с которых и начинается решение задачи. Ниже приводятся примеры, которые и помогут вам в решении подобных задач:

$\text{CO}_2, \text{SO}_2, \text{HF}$	Газ, вызывающий помутнение известковой воды.
$\text{Ag}_3\text{PO}_4, \text{AgBr}, \text{AgI}$	Желтый осадок.
$\text{NH}_4\text{Cl}, (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3, \text{NH}_4\text{HCO}_3, \text{NH}_4\text{NO}_2, \text{NH}_4\text{NO}_3$	Твердое вещество, разлагается при нагревании, образуя смесь газов.
$\text{CO}, \text{C}_2\text{H}_4, \text{N}_2, \text{B}_2\text{H}_6$	Газ с молекулярной массой 28 (возможны варианты: плотность 1,25 г/л, плотность 14 по водороду)
AgCl	Белый осадок, нерастворимый в воде, но растворимый в концентрированном растворе аммиака.
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	Синий осадок, не растворимый в воде, но растворимый в концентрированном растворе аммиака.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1) Химия. Энциклопедия для детей. Т. 17. — М.: Аванта+, 2002.
- 2) *И. А. Леенсон*. Химические реакции. — М.: Астрель, 2002.
- 3) *И. А. Леенсон*. 100 вопросов и ответов по химии. — М.: Астрель, 2002.
- 4) *Б. Д. Степин, Л. Ю. Аликберова*. Занимательные задания и эффективные опыты по химии. — М.: Дрофа, 2002.
- 5) *М. Х. Карапетянц, С. И. Дракин*. Общая и неорганическая химия. — М.: Химия, 2000.
- 6) *Коттон Ф., Уилкинсон Дж.* Основы неорганической химии. Т. 1–3. — М.: Мир, 1979
- 7) *Хьюи Дж.* Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность. — М.: Химия, 1987.
- 8) *Н. Я. Турова*. Справочные таблицы по неорганической химии. — М.: Высший Химический Колледж Российской Академии Наук, 2002.
- 9) *С. А. Пузаков, В. А. Попков*. Пособие по химии. — М.: Высшая школа, 2004.
- 10) *Н. Е. Кузьменко, В. В. Еремин*. 2500 задач по химии с решениями. — М.: Мир и Образование, 2003.
- 11) *В. В. Сорокин, И. В. Свитанько, Ю. Н. Сычев, С. С. Чуранов*. Химия 10-11. Сборник задач с решениями и ответами. — М.: Астрель, 2001.
- 12) *П. А. Оржековский, Ю. Н. Медведев, А. В. Чураков, С. С. Чуранов*. Школьная олимпиада. Химия. Задачи с ответами и решениями. — М.: Астрель, 2004.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Условия задач.....	5
Решения задач.....	27
Приложение.....	70
Рекомендуемая литература.....	71