
Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина
Харьковский областной научно-методический институт непрерывного
образования

**Харьковская областная
химическая олимпиада
2007 года**

Задачи и решения

Харьков 2007

Колосов М.А., Ельцов С.В., Брылёва Е.Ю.,
Логинова Л.П., Чуйко Ю.И. Харьковская областная химическая
олимпиада 2007 года: Задачи и решения. Учебно-методическое
пособие. Харьков: ХНУ имени В.Н.Каразина, ХОНМИНО, 2007.
46 с.

Пособие содержит задачи III-го этапа 44-ой Всеукраинской химической олимпиады в Харьковской области и их решения. Предназначено для учителей химии и школьников, а также для всех, кто интересуется химией.

При подготовке заданий олимпиады использованы задачи, идеи и предложения Брылёвой Е.Ю., Васильевой Ю.М., Ельцова С.В., Кийко С.М., Колосова М.А., Комарицкого И.Л., Коробова А.И., Кравченко А.В., Логиновой Л.П., Свечкарёва Д.А.

Рецензенты:

Н.А.Водолазкая, доцент кафедры физической химии ХНУ имени В.Н.Каразина,
Т.В.Березкина, доцент кафедры органической химии ХНУ имени В.Н.Каразина.

Рекомендовано к печати Ученым советом химического факультета ХНУ имени В.Н.Каразина (протокол №2 от 16 февраля 2007 года)

Жюри III-го этапа химической олимпиады в Харьковской области:

Колосов М.А. – председатель жюри,
Ельцов С.В. – куратор 8 класса,
Брылёва Е.Ю. – куратор 9 класса,
Логинова Л.П. – куратор 10 класса,
Шкумат А.П. – куратор 11 класса,
Холин Ю.В. – эксперт олимпиады,
Чуйко Ю.И. – методист ХОНМИНО

© Колосов М.А., Ельцов С.В.,
Брылёва Е.Ю., Логинова Л.П.,
Чуйко Ю.И., 2007.

Дорогие друзья!

Уже традиционным стало издание этого сборника, посвященного Харьковской областной химической олимпиаде.

В него, как всегда, вошли комплекты заданий 1-го и 2-го (отборочного) туров Областной олимпиады, а также ответы и решения к ним, анализ работ 1-го тура, а также имена победителей этого года и состав команды, которая будет отстаивать высокие достижения нашей области на «Республике» – Всеукраинском этапе соревнований.

Сделать последнее будет весьма непросто, так как по итогам выступлений за последние 2 года наша команда заняла 3-е место в общем рейтинге областей Украины.

В этом году в Олимпиаде принял участие 271 ученик из всех районов Харьковской области, 49 из них стали победителями, а 21 человек был приглашен на весенние отборочно-тренировочные сборы. Отбор прошли 9 человек, которые в составе команды области будут участвовать в химических Олимпиадах высшего уровня.

Требования к заданиям химических Олимпиад всех уровней постоянно повышаются, и подчас задания III-го, областного, этапа не может полностью решить даже квалифицированный преподаватель ВУЗа. Это говорит не только об узкой специализации конкретных задач, но и о том огромном багаже знаний, которым должен обладать участник Олимпиады. К сожалению, уровень школьной программы постоянно снижается, как и время, выделяемое на преподавание естественнонаучных дисциплин, из-за чего практически всегда возникает огромный, непреодолимый разрыв между лидерами соревнований и средним участником Олимпиады.

Поэтому всесторонняя поддержка талантливых ребят-олимпиадников, нашего научного потенциала, их постоянная и планомерная подготовка, является главной задачей жюри, учителей и руководителей команд.

От имени коллектива жюри я хочу сердечно поздравить победителей Харьковской областной химической олимпиады, а команде области пожелать: ни пуха, ни пера на Республике!

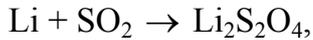
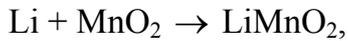
Председатель жюри
Харьковской областной
химической олимпиады

М.Колосов

ЗАДАНИЯ 1-ГО ТУРА

8 класс

1. В настоящее время существует несколько типов литиевых гальванических элементов. При их работе протекают следующие химические реакции:

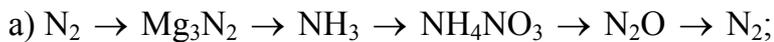


Расставьте стехиометрические коэффициенты в этих уравнениях. Определите, какие атомы в них являются окислителями, а какие – восстановителями. Напишите структурные формулы сложных веществ, которые входят в эти уравнения.

2. При 0 °С массовая доля нитрата бария в насыщенном растворе составляет 4.7%, а при 100 °С – 25.6%. Рассчитайте, какая масса $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ выпадет в осадок при охлаждении до 0 °С 500 г раствора, насыщенного при 100 °С, если известно, что нитрат бария не образует кристаллогидратов.

3. В 1894 г. Дж.Релеем было установлено, что азот, получаемый из воздуха, имеет более высокую плотность, чем азот, образующийся при разложении нитрита аммония. Оказалось, что при нормальных условиях 1 литр азота, полученного при очистке воздуха от кислорода, воды и CO_2 , имеет массу 1.257 г, тогда как 1 литр азота, полученного разложением, – 1.250 г. У.Рамзай высказал предположение, что это различие связано с наличием в воздухе неизвестного газа. Им было найдено, что содержание этого газа в воздухе составляет 1.04% по объему, тогда как азота – 78.09%. Дальнейшие эксперименты показали, что неизвестный газ представляет собой новый элемент. Какой элемент открыли таким образом Релей и Рамзай? Подтвердите свой ответ соответствующими расчетами.

4. Запишите уравнения реакций, соответствующие нижеприведенным химическим превращениям, происходящим в одну стадию, укажите условия их протекания:



5. При взаимодействии 12.1 г смеси цинковых и железных стружек с избытком концентрированной соляной кислоты выделяется 4.48 л газа (н.у.). Рассчитайте, объем газа, который выделился бы при взаимодействии этой смеси с концентрированной серной кислотой. Напишите уравнения протекающих реакций.

6. Наиболее распространенный термит представляет собой стехиометрическую смесь порошков металлического алюминия и оксида железа Fe_3O_4 . При зажигании этой смеси выделяется большое количество теплоты, а температура повышается до 2000 °С. Благодаря тому, что одним из продуктов горения термита является расплавленное железо, его можно использовать для сварки металлических изделий. Рассчитайте, сколько теплоты выделяется при сгорании 1 кг тер-

мита, если при сгорании 1 кг алюминия выделяется 62.04 МДж, а при окислении 1 кг железа до Fe_3O_4 – 6.65 МДж.

7. Экспериментальное задание. Человек, хорошо знающий химию, может совершать настоящие чудеса, например, превращать воду в молоко или вино. Для этого, однако, нужно не заклинания читать, а подготовить необходимые реактивы. Самый важный здесь реактив – это "волшебная вода", которая будет превращать обычную воду в "молоко" или "вино". Если такую "воду" добавить в стакан, предварительно смоченный раствором AgNO_3 и содержащий обычную воду, то образуется "молоко". Если же стенки стакана предварительно смочить раствором NH_4SCN , то образуется "вино". Какой состав должна иметь "волшебная вода", чтобы с ее помощью можно было осуществить такие чудеса? Напишите уравнения реакций, которые соответствуют этим химическим превращениям.

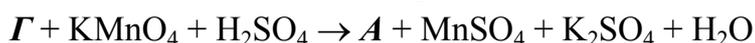
9 класс

1. Молекулярная масса оксида первого металла больше молекулярной массы оксида второго металла в 1,974 раза. Отношение относительных атомных масс металлов равно 2,615. Установите эти металлы, если известно, что их валентность в этих оксидах одинакова.

2. Через 500 см^3 раствора гидроксида лития с концентрацией 0,2 моль/л пропустили электрический ток. Через некоторое время электролиз прекратили. Выяснилось, что на аноде при 25°C и давлении 755 мм.рт.ст. выделилось 100 л газа. 1) Какой газ выделился на аноде? 2) Вычислите массовую долю вещества в растворе после электролиза; 3) какой объем раствора соляной кислоты с концентрацией 0,5 моль/л пойдет на титрование этого раствора?

3. В одном учебнике по химии 1950-х годов издания имеется следующее задание. «Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания: окись железа \rightarrow железо \rightarrow \rightarrow хлорное железо \rightarrow хлористое железо \rightarrow гидроокись закисного железа \rightarrow закись железа». Чем отличаются понятия: а) окись и закись? б) хлорное и хлористое? Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Дана схема химических превращений:



Определите вещества **A**, **B**, **B**, **G**, **D**, **E**, укажите их структурные формулы, если известно, что: реакция образования **B** каталитическая, а само это вещество используется в холодильных установках, **B** и **G** имеют один и тот же качественный состав, **G** и **D** очень токсичны, при сливании растворов **E** и солей желе-

за (III) образуется кроваво-красный осадок. Расставьте коэффициенты в приведенных уравнениях. Где используются *Г* и *Д*?

5. Произведение растворимости каломели (Hg_2Cl_2) составляет $3,5 \cdot 10^{-18}$. Рассчитайте растворимость этого соединения (в моль/л). Как она изменится в растворе хлорида натрия с концентрацией 0,05 моль/л?

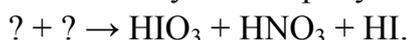
6. Средняя калиевая соль неизвестной в свободном состоянии кислоты взаимодействует с разбавленной H_2SO_4 с образованием, в частности, пероксида водорода. При разложении 10 г этой соли образуется 7 г поташа и смесь двух газов. При пропускании этой смеси через избыток известковой воды образуется 5 г осадка, а остаток полностью реагирует с раскаленными медными опилками. Определите состав и структурную формулу соли, напишите уравнения соответствующих реакций.

7. *Экспериментальное задание. Минеральный “хамелеон”.* Исходные растворы: насыщенный раствор перманганата калия; 10 %-й раствор гидроксида калия; 5 %-й раствор сульфита натрия.

В пробирку наливают 60 мл насыщенного раствора перманганата калия и 20 мл 10%-го раствора гидроксида калия. К полученной смеси при взбалтывании добавляют раствор сульфита натрия до появления темно-зеленой окраски. При перемешивании цвет раствора становится сначала синим, затем фиолетовым и, наконец, малиновым. Объясните изменения окраски реакционной смеси. Запишите уравнения всех проходящих при этом химических реакций в молекулярном и ионном виде.

10 класс

1. Какие два вещества и при каких условиях вступили в реакцию, если образовались следующие продукты (стехиометрические коэффициенты опущены):



Дополните уравнения реакций и подберите стехиометрические коэффициенты.

2. Вещество **X** не растворяется в воде, но при нагревании до 150°C гидролизуются с образованием смеси газов **A** и **B**. При сжигании такого же количества вещества **X** образуется смесь газов **A** и **C**, объем которой равен объему смеси газов **A** и **B** при тех же условиях. Обе газовые смеси полностью поглощаются избытком раствора гидроксида бария, образуя белые осадки. В случае смеси **A** и **B** осадка образуется заметно меньше, чем в случае смеси **A** и **C**. Газы **B** и **C** могут взаимодействовать между собой с образованием простого вещества **D** и бинарного **E**.

1) Какие вещества обозначены символами **X**, **A**, **B**, **C**, **D**, **E**?

2) Запишите уравнения всех реакций.

3) Нарисуйте графическую формулу вещества **X**.

4) Во сколько раз масса осадка, полученного при поглощении смеси газов **A** и **C** раствором гидроксида бария, превышает массу осадка, полученного при поглощении смеси газов **A** и **B**?

5) Какие экологические проблемы связывают с загрязнением атмосферы газами **A** и **C**?

3. На титрование 20.0 мл раствора, содержащего азотную и серную кислоту, израсходовано 18.5 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0.100 моль/л. 25.0 мл такого же раствора кислот оттитровали раствором с массовой концентрацией BaCl_2 15.3 г/л, при этом израсходовали 7.5 мл раствора BaCl_2 . Рассчитайте концентрации азотной и серной кислот в исходном растворе. Какую навеску кристаллогидрата $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ необходимо взять для приготовления 200 мл раствора BaCl_2 с массовой концентрацией BaCl_2 15.3 г/л?

4. Смесь этилхлорида, изопропилхлорида и трет-бутилхлорида обработали избытком металлического натрия.

1) Какие вещества входят в состав смеси продуктов реакции? Назовите их по международной номенклатуре IUPAC.

2) Предложите способ разделения полученной смеси.

5. 2,5-Динитрофенол является кислотно-основным индикатором. Его растворы окрашены в желтый цвет в щелочной среде и обесцвечиваются при снижении pH. К 5.0 мл раствора 2,5-динитрофенола с концентрацией 0.0050 моль/л добавили буферный раствор до объема 200 мл. pH полученного раствора равен 5.0, а его оптическая плотность при длине волны 440 нм в кювете толщиной 1 см равна 0.81. Согласно основного закона светопоглощения $A = \epsilon cl$, где A – поглощение, ϵ – коэффициент молярного поглощения (в данном случае $\epsilon = 15000 \frac{\text{л}}{\text{моль} \times \text{см}}$), c – молярная концентрация окрашенных частиц, l – толщина поглощающего слоя. Рассчитайте константу диссоциации 2,5-динитрофенола.

6. Простое вещество **A** белого цвета самовоспламеняется на воздухе с образованием гигроскопичного вещества **B**. Вещество **A** растворяется в веществе **C** с образованием вещества **D** и газа **E** бурого цвета с резким запахом. Реакция вещества **B** с веществом **F** также приводит к образованию продукта **D**. Растворение вещества **A** в баритовой воде приводит к образованию токсичного газа **G** и соли одноосновной кислоты **H**.

1) Расшифруйте вещества **A** – **H**.

2) Запишите уравнения химических превращений, упомянутых в задаче.

3) Изобразите структурную формулу кислоты, образовавшей соль **H**, назовите ее и объясните ее одноосновность.

7. *Экспериментальное задание.* В двух пробирках находится раствор CuSO_4 . В первую пробирку медленно, небольшими порциями приливают раствор аммиака до тех пор, пока не закончатся все видимые изменения с реакционной смесью. Во вторую пробирку приливают раствор KI . После прекращения реакции содержимое пробирки делят на две части. К одной части приливают раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, ко второй – органический растворитель хлороформ (с плотностью $1,49 \text{ г/см}^3$) и интенсивно перемешивают.

Объясните наблюдаемые явления. Какие свойства меди(II) они отражают? Чем обусловлена в каждом случае наблюдаемая окраска? Запишите уравнения протекающих химических реакций в полном и сокращенном ионном виде.

11 класс

1. Ультразвук. При ультразвуковом облучении водного раствора газа А образовался разбавленный раствор двух одноосновных кислот – В и С. Известно, что жидкий при стандартных условиях ароматический амин D (15.05 % азота) реагирует с их разбавленными растворами по-разному. Взаимодействие с В дает соль (17.95 % азота), тогда как реакция с С в присутствии соляной кислоты приводит к образованию раствора вещества Е, которое неустойчиво в индивидуальном состоянии. При нагреве в растворах Е разлагается с образованием азота, хлороводорода и соответствующего фенола.

Определите зашифрованные вещества, приведите схемы реакций. Как называется класс соединений типа Е? Как пройдет взаимодействие метиламина с раствором кислоты С? Почему?

2. Пламенная батарейка. Так называемые “пиротехнические источники тока” (ПИТ) состоят из тонких электродов, помещенных в твердый электролит, которым обычно является смесь фторидов металлов. Электроды представляют собой смесь пиротехнического заряда и соединений, непосредственно участвующих в электрохимическом процессе. Во время срабатывания устройства заряд горит, электролит плавится, и между электродами возникает разность потенциалов.

За счет чего вырабатывают ток такие элементы? Напишите уравнения катодной и анодной реакций, а также общую схему превращений, если в качестве электродов используются: а) CuO и Zr; б) AgCl и Zn; в) Cr и PbO. Почему в качестве электрода в ПИТ нельзя использовать Hg₂Cl₂?

3. “Угадайка”. Вещество А реагирует с избытком хлора при комнатной температуре с образованием жидкости В. В мгновенно реагирует с эквимолярным количеством жидкого хлора при -78°C, причем образуется хлорид С, который устойчив лишь при температуре выше -30°C, а водой гидролизует с выделением оксида D и газа Е. D иногда используют для синтеза сильного хлорирующего агента F, для чего D вводят в реакцию с хлором в присутствии камфары.

Определите вещества А–F, приведите уравнения реакций. Известно, массовая доля кислорода в D в 1.632 раза меньше, чем массовая доля хлора в С, а степень окисления неизвестного элемента в этих веществах одинакова. Определите степень гибридизации центрального атома во молекулах всех приведенных сложных веществ.

4. Очевидное непонятное. Неустойчивая в индивидуальном состоянии ($t_{1/2} \approx 15$ с) одноосновная кислота А впервые была обнаружена в начале 20-го в., а её формула была предложена в 1929 г. Получают эту кислоту, действуя перекисью водорода на азотистую кислоту в специальном смесителе, после чего в

следующем смесителе сразу же нейтрализуют А сильными щелочами (соли А вполне устойчивы). Анион А может существовать в виде двух геометрических изомеров, причем *цис*-изомер примерно на 10 кДж/моль устойчивее *транс*-формы. В определенных условиях свободная А разлагается с образованием только азотистой кислоты и кислорода (2:1).

Определите А. Как можно объяснить образование геометрических изомеров для её аниона?

5. Именные реакции. При окислении кетона X ($C_6H_{12}O$) по реакции Б.-В. пероксосерной кислотой (H_2SO_5) образуется смесь изомерных сложных эфиров А и В ($C_6H_{12}O_2$). Эфир В при гидролизе дает смесь спирта С и кислоты D, причем окисление С хромовой смесью проводит только к образованию D, а при прокаливании кальциевой соли кислоты D образуется кетон У (метод П.).

Что скрывается за обозначениями Б.-В. и П.? Определите вещества А–Х, назовите их, приведите схемы реакций.

6. Валентность. Подчас формула неорганического соединения настолько удивительна, что даже её созерцание доставляет искушенному химику настоящее удовольствие. Далее приводятся отнюдь не плоды досужей фантазии, а реально существующие вещества: $HNSO$, H_2NNO_2 , As_2H_4 , S_4N_2 , S_2O , $H_2N_2O_2$.

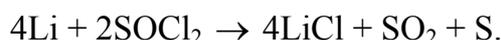
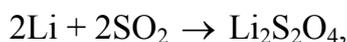
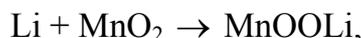
Приведите структурные формулы указанных соединений. Как получить $HNSO$, S_4N_2 , S_2O ?

7. Экспериментальное задание. Пробирку, в которой содержится смесь твердой трехосновной органической кислоты $C_6H_8O_7$ и конц. H_2SO_4 , нагревают в пламени горелки. При этом выделяется смесь двух газов, которая горит при поджигании. При пропускании этой смеси через раствор $Ba(OH)_2$ образуется бесцветный осадок. Конечным продуктом разложения исходной кислоты является ацетон. Определите неизвестные вещества, приведите уравнения реакций, если молекула исходной кислоты симметрична. Какое тривиальное название имеет эта кислота?

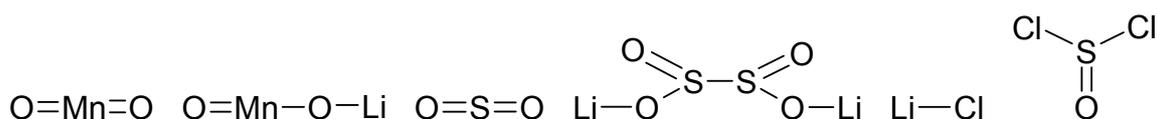
РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ 1-ГО ТУРА

8 класс

1. Уравнения реакций:



Структурные формулы:



2. 500 г насыщенного при 100 °С раствора $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ содержит $500 \cdot 0.256 = 128$ г соли и $500 - 128 = 372$ г воды. Количество растворенной соли в насыщенном при 0 °С растворе таково, что в нем на каждые 95.3 г воды приходится 4.7 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Составляем пропорцию с учетом что, что при охлаждении раствора масса воды в нем не изменяется: $372 : 95.3 = x : 4.7$; где x – масса растворенной соли при 0 °С. Находим $x = 372 \cdot 4.7 / 95.3 = 18.35$ г. Значит в осадок выпадет $128 - 18.35 = 109.65$ г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

3. При очистке воздуха образуется смесь, состоящая из 78.09 объемов азота и 1.04 объема неизвестного газа. Мольные доли газов в этой смеси составляют: для азота – $78.09 / (78.09 + 1.04) = 0.9869$, для неизвестного газа – $1 - 0.9869 = 0.0131$. Из уравнения Менделеева–Клапейрона найдем среднюю молярную массу смеси газов $M = mRT / (pV) = 1.257 \cdot 8.314 \cdot 273 / (1.013 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}) = 28.164$ г/моль. Для чистого азота это уравнение дает

$$M_{N_2} = 1.250 \cdot 8.314 \cdot 273 / (1.013 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}) = 28.007 \text{ г/моль}.$$

Средняя молярная масса смеси неизвестного газа и азота определяется выражением

$$M = M_{N_2} \cdot x_{N_2} + M_x \cdot x_x,$$

где M_x – молярная масса неизвестного газа, x_x – его мольная доля в смеси. Отсюда для неизвестного газа получаем

$$M_x = (M - M_{N_2} \cdot x_{N_2}) / x_x = (28.164 - 28.007 \cdot 0.9869) / 0.0131 = 39.99 \text{ г/моль}.$$

Такую молярную массу имеет газобразный элемент аргон.

4. а) $\text{N}_2 + \text{Mg} \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$, реакция протекает при температуре около 500 °С;

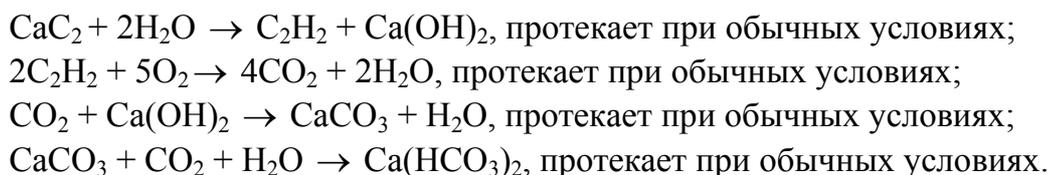
$\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + 3\text{Mg}(\text{OH})_2$, протекает при обычных условиях;

$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$, протекает при обычных условиях;

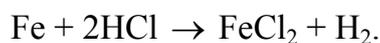
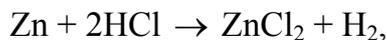
$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$, реакция протекает при 210 °С;

$\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$, реакция протекает при температуре около 700 °С.

б) $\text{C} + \text{Ca} \rightarrow \text{CaC}_2$, реакция протекает при незначительном нагревании,
или $3\text{C} + \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$, протекает при температуре около 1900 °С



5. Цинк и железо растворяются в соляной кислоте с выделением водорода:



4.48 л водорода, определенных при нормальных условиях, составляют $4.48/22.4 = 0.2$ моль. Так как по уравнениям реакций количество выделяющегося водорода равно количеству металлов, вступающих в реакцию, то

$$n_{\text{Zn}} + n_{\text{Fe}} = 0.2 \text{ моль}.$$

Пусть количество моль цинка в смеси равно x г, а его масса – $65x$. Тогда количество моль железа равно $(0.2 - x)$ моль, а масса железа – $56(0.2 - x)$ г. Составляем уравнение:

$$65x + 56(0.2 - x) = 12.1$$

$$65x - 56x = 12.1 - 11.2; 9x = 0.9; x = 0.1.$$

Значит содержание цинка в смеси равно 0.1 моль.

В концентрированной серной кислоте растворяется только цинк, а железо пассивируется. При растворении цинка будет выделяться диоксид серы:



При реакции 1 моль цинка выделяется 22.4 л SO_2 , если же в реакцию вступит 0.1 моль металла, то выделится 2.24 л газа.

6. При горении термита протекает следующая реакция:



1 кг Al составляет $1000/27 = 37.04$ моль, значит теплота сгорания 1 моль этого металла равна $62.04/37.04 = 1.675$ МДж/моль. 1 кг Fe составляет $1000/56 = 17.86$ моль, значит теплота сгорания 1 моль этого металла равна $6.65/17.86 = 0.37$ МДж/моль.

Если алюминий и оксид железа взяты в стехиометрическом отношении, то в термите на каждые $8 \cdot 27 = 216$ г алюминия приходится $3 \cdot 232 = 696$ г оксида железа. Поскольку алюминий и при простом горении и при горении в составе термита образует Al_2O_3 , то при окислении 8 моль выделится $8 \cdot 1.675 = 13.4$ МДж. При восстановлении 0.696 кг оксида железа образуются 9 моль железа, при этом поглощается $9 \cdot 0.37 = 3.33$ МДж. В сумме 216 и 696 дают 912 г термита, значит при сгорании 912 г смеси выделяется $13.4 - 3.33 = 10.07$ МДж. Поэтому при сгорании 1 кг термита выделится $10.07 \cdot 1000/912 = 11.04$ МДж.

7. Розовая окраска, которая появляется при взаимодействии NH_4SCN с компонентами "волшебной воды", связана с образованием роданида железа (III); раствор этого соединения в больших концентрациях имеет красный цвет, при маленьких – розовый. Белая окраска, появляющаяся при реакции AgNO_3 с "волшебной водой", вызвана образованием соединения серебра белого цвета, это

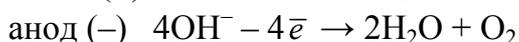
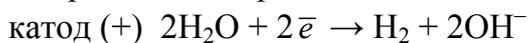
может быть, например, AgBr или AgCl. Следовательно, один из рецептов подобной "волшебной воды" – раствор, содержащий ионы Fe³⁺ и Cl⁻. Так как "волшебная вода" не имеет желтой окраски связанной с наличием ионов Fe³⁺, то их концентрация там очень мала, и создается хлоридом железа (III). Для того, чтобы осадок AgCl мог образоваться в заметном количестве к раствору FeCl₃, необходимо добавить хлорид натрия.

9 класс

1. Обозначим первый металл как X, второй как Y. Тогда общая формула оксидов этих металлов будет выглядеть как X_mO_n и Y_mO_n соответственно. Согласно условию задачи, $A_r(X) = 2.615 A_r(Y)$, а $\frac{n \times 2.615 A_r(Y) + 16m}{n \times A_r(Y) + 16m} = 1.974$. Решая эту

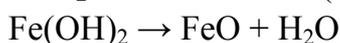
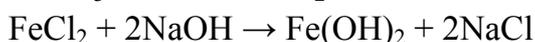
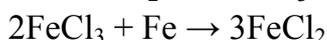
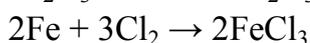
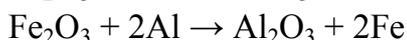
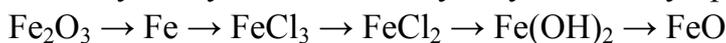
систему уравнений, получим $0.641 \times n A_r(Y) = 15.58 m$. В случае одновалентных металлов, для которых $n = 2, m = 1$, получим $A_r(Y) = 12.15$ а.е.м., $A_r(X) = 31.78$ а.е.м. Таких металлов в периодической системе нет; в случае двухвалентных металлов, для которых $n = 1, m = 1$, получим $A_r(Y) = 24.31$ а.е.м., $A_r(X) = 63.56$, что отвечает магнию и меди. Рассмотрев аналогичным образом варианты с трех, четырех, пяти, шести, семи и восьмивалентными металлами, убеждаемся, что решение этой задачи – единственное. Ответ – магний и медь.

2. Процесс электролиза LiOH сводится к электролизу воды:



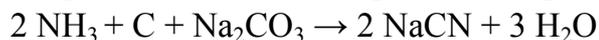
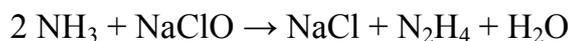
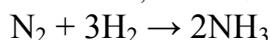
Таким образом, на аноде выделился кислород. Переведем давление в системные единицы и получив 100.6 кПа, рассчитаем количество вещества кислорода по уравнению Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. Получится 4.1 моль кислорода. Согласно уравнению процесса электролиза, количество разложившейся воды составляет 8.2 моль. Это соответствует массе 147.6 г воды. Согласно условию, изначально в растворе содержалось $0.5 \times 0.2 \times 23.9 = 2.39$ г. гидроксида лития и $(500 - 2.39) \text{ г} = 497.61$ г воды. После электролиза раствор содержит $(497.6 - 147.6) \text{ г} = 350.01$ г воды. Тогда массовая доля гидроксида лития составляет $2.39 / (350.01 + 2.39) = 0.0068$ или 0.68%. Объем этого раствора составляет, соответственно, 352.4 мл. Концентрация гидроксида лития в нем составляет $0.1 / 0.3524 = 0.28$ (моль/л). Тогда найдем объем раствора соляной кислоты $0.28 \times 15 = 0.5 \times V$, откуда $V = 8.4$ мл.

3. Следует осуществить следующую цепочку превращений:



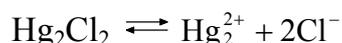
Понятие «закись» соответствует оксиду с меньшей степенью окисления элемента; в «хлористом» железе степень окисления железа меньше, чем в «хлорном».

4. **A** – N₂, **B** – H₂, **B** – NH₃, **Г** – N₂H₄, **Д** – NaCN, **E** – NaSCN



N₂H₄ (гидразин) используется, например, при производстве ракетного топлива и взрывчатых веществ. NaCN применяют для извлечения золота из руды.

5. Hg₂Cl₂ диссоциирует следующим образом:

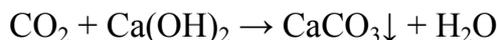


Обозначим растворимость как S. Тогда концентрация ионов Hg₂²⁺ составляет S моль/л, а хлорид-ионов – 2 S моль/л. Выражение для произведения растворимости записывается как $\text{ПР} = [\text{Hg}_2^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = [\text{S}][2\text{S}]^2 = 4\text{S}^3$.

$$S = \sqrt[3]{\frac{\text{ПР}}{4}} = 9.56 \times 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

В растворе соли $\text{ПР} = [\text{S}][0.05]^2$, откуда $S = 1.4 \times 10^{-15}$ моль/л. Таким образом, растворимость каломели в растворе хлорида натрия уменьшится в 6.83×10^8 раз.

6. Появление осадка в реакции с избытком известковой воды говорит о том, что одним из компонентов смеси является углекислый газ:



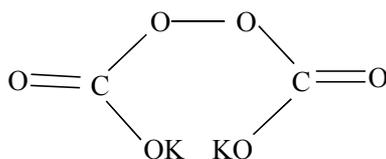
Количество карбоната кальция в этом случае составляет 0.05 моль, углекислого газа – 0.05 моль (2.2 г). Масса оставшегося газа – 0.8 г. Поскольку в реакции с серной кислотой выделяется перекись водорода, можно догадаться, что этот газ – кислород. Его количество – 0.025 моль. Количество вещества поташа K₂CO₃ – 0.05 моль. Таким образом, соль состоит из калия, углерода и кислорода. Подсчитаем их количества:

$$v\text{O} = 2v\text{O}_2 + 2v\text{CO}_2 + 3v\text{K}_2\text{CO}_3 = 0.05 + 0.1 + 0.15 = 0.3 \text{ (моль)}$$

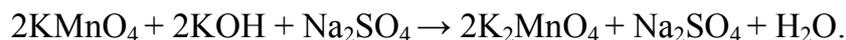
$$v\text{C} = v\text{CO}_2 + v\text{K}_2\text{CO}_3 = 0.05 + 0.05 = 0.1 \text{ (моль)}$$

$$v\text{K} = 2v\text{K}_2\text{CO}_3 = 0.1 \text{ моль}$$

vK: vC: vO = 1 : 1 : 3. Такого соединения не существует. Тогда формула – K₂C₂O₆. Это перекисная соль строения



7. Появление темно-зеленого цвета объясняется образованием манганата калия K_2MnO_4 :



Изменение темно-зеленого цвета раствора и восстановление фиолетовой окраски объясняется окислением манганата калия под влиянием кислорода воздуха:

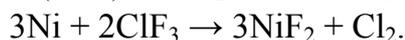
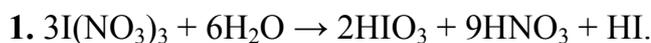


Кроме того, возможно протекание гидролиза манганата калия с одновременным диспропорционированием:

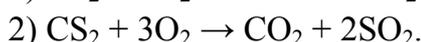
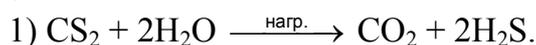


Промежуточный синий цвет раствора обусловлен совместной окраской раствора веществами-участниками окислительно-восстановительной реакции.

10 класс



2. Поскольку продукты сгорания – газы с кислотными свойствами, очевидно, что вещество X состоит из элементов-неметаллов. Белые осадки при пропускании через раствор гидроксида бария образуют CO_2 , SO_2 , SO_3 , следовательно, в состав X входят C и/или S. При гидролизе парами воды образуется водород- и кислород-содержащие соединения элементов, входящих в X; по-видимому, водородное соединение образует не C. Тогда A – CO_2 , B – SO_2 , D – S. Уравнения реакций:



Таким образом, X – сероуглерод CS_2 , A – CO_2 , B – H_2S , C – SO_2 , D – S, E – H_2O .

Структурная формула вещества X: $S=C=S$.

Сопоставим массы осадков. Пусть для реакций (1) и (2) взяли по x моль сероуглерода. Тогда при поглощении раствором гидроксида бария смеси газов A и B образуется x моль $BaCO_3$. При поглощении смеси газов A и C образуется x моль $BaCO_3$ и 2 x моль $BaSO_3$.

$$\text{Отсюда отношение масс осадков: } \frac{x \cdot 197.35 \text{ г} + 2x \cdot 217.40 \text{ г}}{x \cdot 197.35 \text{ г}} = 3.2.$$

$$3. n(\text{NaOH}) = 0.0185 \text{ л} \times 0.100 \text{ моль/л} = 1.85 \times 10^{-3} \text{ моль};$$

$$n(\text{HNO}_3) + 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{NaOH}) = 1.85 \times 10^{-3} \text{ моль};$$

Количества вещества кислот в 20 мл раствора:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20/25 n(\text{BaCl}_2) = \frac{20}{25} \times \frac{15.3 \text{ г/л} \times 7.5 \times 10^{-3} \text{ л}}{208.25 \text{ г/моль}} = 0.441 \text{ ммоль};$$

$$n(\text{HNO}_3) = (1.85 - 2 \times 0.44) \times 10^{-3} \text{ моль} = 0.97 \text{ ммоль.}$$

Концентрации кислот:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0.44 \times 10^{-3} \text{ моль}}{20 \times 10^{-3} \text{ л}} = 0.022 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{0.97 \times 10^{-3} \text{ моль}}{20 \times 10^{-3} \text{ л}} = 0.049 \text{ моль/л.}$$

$$\text{Масса навески кристаллогидрата: } \frac{15.3 \text{ г/л} \times 244.28 \text{ г/моль}}{208.25 \text{ г/моль}} \times 0.2 \text{ л} = 3.59 \text{ г.}$$

4. В смеси продуктов реакции находятся: бутан, 2-метилбутан, 2,3-диметилбутан.

Вследствие реакции элиминирования хлороводорода, которой подвержены молекулы изопропилхлорида (частично) и трет-бутилхлорида (практически полностью), продукты прямой и перекрестной конденсации последнего не образуются. Напротив, в смеси будут также присутствовать: пропен и 2-метилпропен.

Возможные способы разделения – разгонка, хроматография или через соединения включения.

5. Рассчитаем начальную концентрацию 2,5-динитрофенола в полученном растворе с учетом разбавления: $c = 0.0050 \cdot 0.005 / 0.2 = 1.25 \cdot 10^{-4}$ (моль/л). По данным о поглощении света вычислим равновесную концентрацию 2,5-динитрофенола в полученном растворе:

$$A = \epsilon c l, c = A / (\epsilon l); c = 0.81 / (15000 \cdot 1) = 5.4 \cdot 10^{-5} \text{ (моль/л).}$$

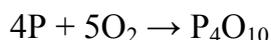
Далее, исходя из соотношения,

$$pK = pN + \lg([\text{HInd}]/[\text{Ind}]) = pN + \lg((c - [\text{Ind}])/[\text{Ind}]) = pN + \lg(c/[\text{Ind}] - 1)$$

вычислим pK соответствующего индикатора:

$$pK = 5.0 + \lg(1.25 \cdot 10^{-4} / 5.4 \cdot 10^{-5} - 1) = 5.12$$

6. Вещество А – белый фосфор, самовоспламеняющийся на воздухе с образованием фосфорного ангидрида P_4O_{10} , являющегося гигроскопичным веществом:



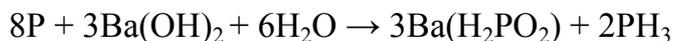
Газ бурого цвета с резким запахом – диоксид азота (Е). Следовательно, вещество С – азотная кислота, окисляющая фосфор до фосфорной кислоты (D):



Фосфорную кислоту также можно получить взаимодействием фосфорного ангидрида с водой (F):

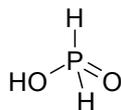


Фосфор диспропорционирует в баритовой воде с образованием фосфина (G) и гипофосфита бария (H):



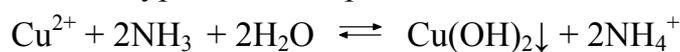
Зашифрованные в задаче вещества: А – белый фосфор, В – P_4O_{10} , С – HNO_3 , D – H_3PO_4 , Е – NO_2 , F – H_2O , G – PH_3 , H – $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$.

Кислота H_3PO_2 одноосновная, поскольку кислотные свойства проявляет только водород, соединенный с центральным атомом фосфора через атом кислорода:

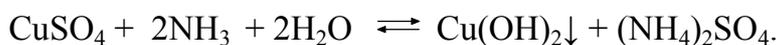


7. Налитый в пробирки водный раствор CuSO_4 имеет голубой цвет. Окраска раствора обусловлена наличием гидратированных ионов Cu^{2+} .

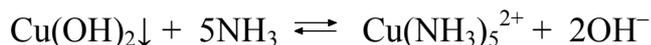
При постепенном смешивании раствора аммиака с раствором сульфата меди в первой пробирке появляется голубой осадок гидроксида меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$, который в дальнейшем растворяется с образованием аммиачных комплексов меди(II) ярко-синего цвета $\text{Cu}(\text{NH}_3)_i^{2+}$ (i принимает значения от 1 до 5). Наблюдаемые явления описываются уравнениями реакций:



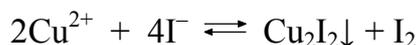
или



В случае образования комплексов с максимальным числом лигандов:



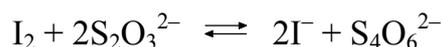
При смешивании раствора иодида калия с раствором сульфата меди во второй пробирке образуется суспензия бурого цвета. Прошла окислительно-восстановительная реакция, в результате которой образовался осадок иодида меди(I) Cu_2I_2 и выделился молекулярный йод. Именно I_2 обуславливает бурую окраску раствора и осадка, так как частично адсорбируется на поверхности осадка.



или



Содержимое пробирки (осадок с раствором) взболтали и разделили на две части. После приливания раствора тиосульфата натрия к одной части взвеси раствор над осадком обесцветился, а осадок CuI стал белым. Весь молекулярный йод, находящийся в растворе и на поверхности осадка, прореагировал с тиосульфат-ионами с образованием бесцветных ионов I^- и $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$. Протекает окислительно-восстановительная реакция:

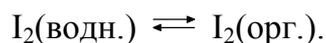


или



После приливания органического растворителя – хлороформа (не смешивающегося с водой) ко второй части взвеси и интенсивного перемешивания содержимого пробирки водный слой постепенно обесцвечивается, осадок Cu_2I_2 становится белым, а органический слой приобретает фиолетовую окраску. Видимые из-

менения связаны с тем, что молекулярный иод извлекается из водного раствора в слой органического растворителя:

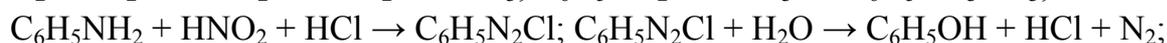
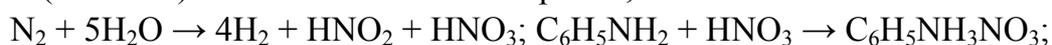


11 класс

1. Ультразвук. «Зацепкой» является реакция разложения E – типичный пример распада гидрохлорида диазония. Кроме того, амин D жидкий. Это означает, что это вещество содержит лишь одну свободную аминогруппу и имеет невысокую молекулярную массу. Определяем:

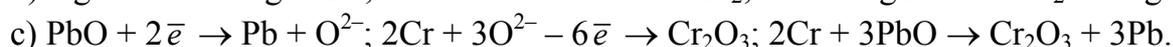
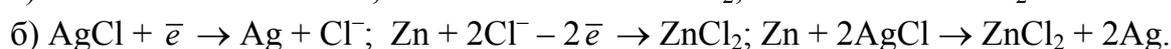
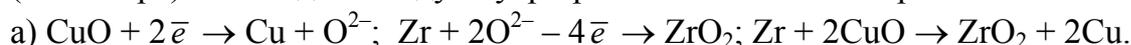
$$M(D) = (14/0.1505) \text{ г/моль} = 93 \text{ г/моль (анилин)}.$$

C – HNO₂, A – N₂. То есть, B образует соль анилина. Это может быть HNO₃ или HN₃. Для HNO₃: M(соль) = (2×14/0.1795) г/моль = 156 г/моль. M(кислоты) = 63 г/моль. Для HN₃: M(соль) = (4×14/0.1795) г/моль = 312 г/моль. M(кислоты) ≠ 219 г/моль. Таким образом, B – азотная кислота.



CH₃NH₂ + HNO₂ → CH₃OH + N₂ + H₂O (алифатические диазопроизводные неустойчивы).

2. Пламенная батарейка. Ток возникает за счет перемещения электронов от анода (металл-восстановитель) к катоду по внешней цепи и ионов кислорода (или хлора) от катода к аноду внутри расплавленного электролита.



При использовании Hg₂Cl₂ будут выделяться токсичные пары ртути.

3. “Угадайка”. Поскольку оксид D – продукт гидролиза хлорида C, можно определить неизвестный элемент. Если X – молярная масса его эквивалента, Э(O) – молярная масса эквивалента кислорода, а Э(Cl) – молярная масса эквивалента хлора, то:

$$\{Э(Cl) / [Э(Cl) + X]\} / \{Э(O) / [Э(O) + X]\} = 1.632, \text{ или:}$$

(35.5 / (35.5 + X)) / (8 / (8 + X)) = 1.632, X = 8 (г/моль). Неизвестный элемент – сера, D – SO₂, C – SCl₄, E – HCl.

По порядку определяем F, B, A. Схемы реакций:



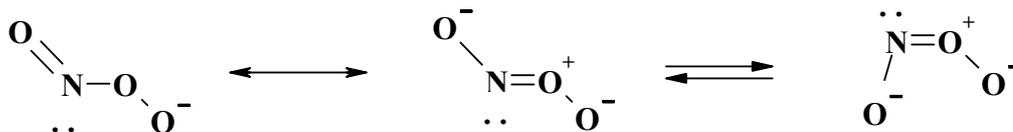
Камфара является хорошим растворителем веществ-участников этой реакции.

4. Очевидное непонятное. Реакция разложения A:

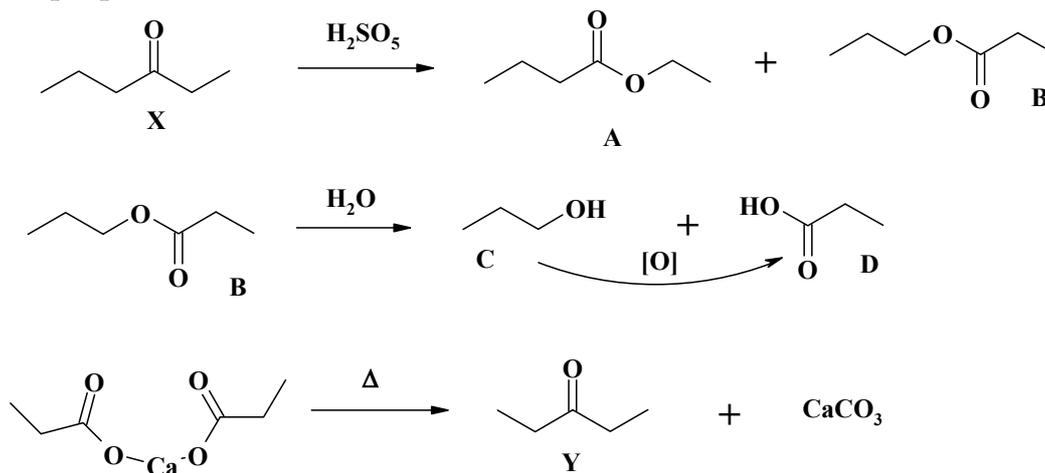


Значит, ее брутто-формула – (HNO₃)_n. Нитрат-анион не удовлетворяет условию, кроме того, кислота A разлагается с выделением O₂, получается при участии H₂O₂, а для её аниона характерна *цис-транс*-изомерия. Единственным вариантом

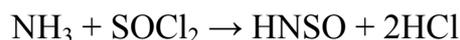
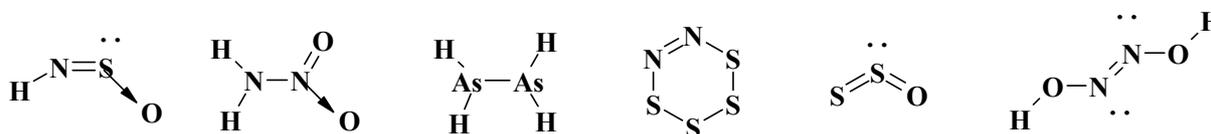
остается наличие в её молекуле пероксидной связи. Образование геометрических изомеров обусловлено мезомерией аниона, в результате чего средняя связь носит “частично двойной” характер:



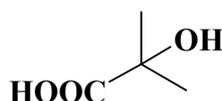
5. Именные реакции. Поскольку $\text{C} \rightarrow \text{D}$, В – пропилпропионат, А – этилбутират, X – гексан-3-он. Реакция Б.-В. – Байера-Виллигера, П. – Пириа. Схемы превращений:



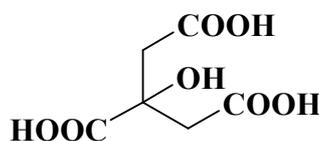
6. Валентность.



7. В опыте выделяются одновременно CO_2 , некоторый горючий газ и кетон, что является характерной реакцией на α -оксикислоты. То есть, второй газ – CO , а в молекуле исходной кислоты присутствует группировка:



Согласно условию, две оставшихся карбоксильных группы расположены симметрично:



Это – лимонная кислота.

АНАЛИЗ РАБОТ 1-ГО ТУРА

8 класс

Количество участников – 72, максимально возможный балл – 64, максимальный набранный балл – 43.8.

1. Число баллов – 8, максимальный набранный балл – 7.3. Решал эту задачу 71 участник (99%), средний набранный балл составляет 3.8 или 48% от максимального. Задание является одним из самых простых в комплекте, но рассматриваемые реакции являются нестандартными и в школе не изучаются. Большие сложности у решавших были связаны с определением атома-окислителя, а также написанием структурных формул таких веществ как LiMnO_2 и $\text{Li}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

2. Число баллов – 8, максимальный набранный балл – 8 (2 работы). Решали эту задачу 50 участников (69%), средний набранный балл составляет 1.8 или 23% от максимального. Содержание задачи полностью соответствует школьной программе. Типичная ошибка, сделанная решавшими эту задачу, заключалась в том, что они не учитывали постоянство массы воды в растворе при выпадении осадка.

3. Число баллов – 12, максимальный набранный балл – 12 (3 работы). Решали эту задачу 25 участников (35%), средний набранный балл составляет 3.4 или 29% от максимального. Эта задача представляется наиболее сложной в комплекте, хотя, формально ее материал соответствует школьной программе. Для правильного ее решения необходимо применение уравнения состояния идеального газа и понятия объемной доли. Некоторые из участников продемонстрировали хорошее знание истории химии и указали в ответе аргон без математического доказательства этого.

4. Число баллов – 10, максимальный набранный балл – 10 (1 работа). Решали эту задачу 61 участник (85%), средний набранный балл составляет 1.8 или 23% от максимального. Первая часть задания для большинства решавших оказалась сложнее второй. Многие из решавших не указывали условия проведения реакций, а также не обращали внимания на то, что превращение нужно было осуществить в одну стадию.

5. Число баллов – 8, максимальный набранный балл – 7 (1 работа). Решали эту задачу 44 участника (61%), средний набранный балл составляет 1.6 или 20% от максимального. Задача полностью соответствует школьной программе, но содержит ловушку: после написания уравнений взаимодействия металлов с соляной кислотой, возникает соблазн записать аналогичные уравнения и для реакции с серной.

6. Число баллов – 10, максимальный набранный балл – 10 (1 работа). Решали эту задачу 46 участников (64%), средний набранный балл составляет 1.7 или 17% от максимального. Материал задачи выходит за пределы школьной программы, но входит в программу олимпиад, вероятно, поэтому и оценки, полученные за эту задачу, такие низкие. Следует отметить, что ежегодно задачи

по термохимии, несмотря на свою простоту с точки зрения решения, для участников областной олимпиады оказываются наиболее сложными. Даже если с законом Гесса они и знакомы, то правильно применить его не могут. Однако и без материала по термохимии, многие участники не смогли правильно написать уравнение реакции, а также показали незнание понятия "стехиометрическая смесь".

7. Число баллов – 8, максимальный набранный балл – 5.5. Решали эту задачу 30 участников (42%), средний набранный балл составляет 2.5 или 32% от максимального. Задача не выходит за пределы школьной программы, но требует знания качественных реакций неорганических катионов и анионов. Многие решавшие в качестве ответа писали: "волшебная вода – это соляная кислота", то есть было найдено, что "волшебная вода" содержит хлорид ионы, а о реакции с появлением вина они "забывали".

9 класс

Число участников – 68, максимально возможное количество баллов – 69, максимальное набранное число баллов – 58.

1. Максимально возможный балл – 5 баллов, максимальный набранный балл – 5. Задачу решали 68 (100%) участников, средний набранный балл составил 3.59. Задача не выходит за рамки школьной программы 8 класса. Немногочисленные допущенные участниками ошибки в этой задаче связаны с нерациональным способом решения.

2. Максимально возможный балл – 7, максимальный набранный – 7. Задачу решали 53 (77.9%) ученика, средний набранный ими балл составил 1.81. Это расчетная задача, требующая знаний исключительно школьной программы, за исключением титрования. Типовые ошибки, совершенные при ее решении, прежде всего, связаны с неправильным написанием уравнения электролиза гидроксида лития. Большинство участников не имеют понятия об объемных методах анализа. Низкий средний балл в этой задаче говорит о довольно-таки слабой подготовке большинства школьников по данной теме. Поскольку задачи на электролиз и титрование часто фигурируют в комплектах заданий школьных олимпиад, хочется посоветовать учителям уделять больше внимания этим вопросам при подготовке учеников.

3. За данную задачу максимально можно было набрать 7 баллов, максимальный набранный балл составил 7. Задачу решали 60 (88.2%) участников олимпиады и набрали в среднем 2.79 балла. Знание устаревшей номенклатуры не входит в школьную программу и требует от ученика некоторой эрудиции. Именно с этим и связана большая часть ошибок.

4. Максимальный балл этого задания – 12, максимальный набранный – 12. Задачу решали 54 (79.4%) участника со средним баллом 2.46. Успешное решение этой задачи требует от участника олимпиады несколько больших сведений о свойствах неорганических веществ, нежели дается на обычных школьных уроках. Допущенные ошибки происходили от незнания качественной реакции на

трехвалентное железо; многие участники показали лишь поверхностное знакомство с химией азота, некоторые трудности вызвало также написание окислительно-восстановительных реакций. В связи с этим, пожелание к учителям при подготовке - уделять большее внимание комбинированным задачам.

5. Максимально возможный балл – 11, максимально набранный – 11. Задачу решали 28 (41.2%) учеников со средним набранным баллом 1.1. Задача несложная, однако требует дополнительных знаний по химии растворов. Типовые ошибки в решениях вызваны в большинстве случаев отсутствием представления о закономерностях процессов осаждения и растворения. Многие участники не смогли правильно написать уравнение процесса диссоциации каломели. Эта задача выявила очень низкий средний уровень знаний по данной тематике, в то время как эти вопросы есть в программе подготовки к областной олимпиаде по химии.

6. Максимально за решение этой задачи можно было получить 13 баллов, максимальный набранный участниками олимпиады балл составил 13. Задачу решали 15 (23.5%) участников, набрав в среднем 2.42 балла. Это достаточно сложная задача, не требующая, однако, обширных дополнительных знаний сверх школьной программы. Проблемы при ее решении связаны, прежде всего, с трудностями определения брутто-формулы соединения на основе дополнительных сведений о реакциях соли и продуктов ее разложения. Многие учащиеся не догадались о перекисных соединениях, а также о том, что не только угольная кислота неизвестна в свободном состоянии (впрочем, это на самом деле не так).

7. Максимально возможный балл – 14, максимальный набранный – 10. Задание решал 61 (89.7%) участник, средний набранный балл – 2. Большинство ошибок в задаче вызвано незнанием свойств перманганата калия, и неумением писать уравнения окислительно-восстановительных реакций.

10 класс

Принимало участие 67 школьников.

1. Максимально набранный балл 9 из 15 максимально возможных. Задачу решали 87% участников. Средний балл, который решавшие, составляет 3.7. Задача довольно сложная, требует знаний окислительно-восстановительных свойств элементов, на которые в школьном курсе не всегда обращают внимание – в частности, галогенов с положительными степенями окисления. Задание решали многие участники, поскольку второй пункт имел, кроме более сложного решения $3\text{Ni} + 2\text{ClF}_3 \rightarrow 2\text{NiF}_2 + \text{Cl}_2$, более простое, «школьное»: $\text{NiCl}_2 + \text{F}_2 \rightarrow \text{Ni}_2 + \text{Cl}_2$.

2. Максимально набранный балл 18 из 20 максимально возможных. Задачу решали 48% участников (32 ученика). Средний балл, который набрали решавшие задачу, составляет 5.5. Задача средней сложности; реакции, о которые идет речь, отвечают школьному уровню. Участник, который хотя бы воспользовался таблицей растворимости, мог понять, о каких газах идет речь. Распространенная – даже не ошибка, а недостаток – плохое знание свойств водородных соединений

и оксидов неметаллов. Во многих работах баллы набраны в основном за ответ на вопрос об экологических проблемах. Мало кто смог правильно выполнить стехиометрические расчеты для определения отношения масс осадков (вопрос 4).

3. Максимально набранный балл 10 из 10 максимально возможных. Задачу решали 49% участников (33 человека). Средний балл, который набрали ученики, которые пытались решить задание, составляет 4.5. Задача несложная, поэтому и средний балл оказался выше, чем для других задач. Для правильного решения задачи нужно было знать лишь то, что серная кислота двухосновна и образует малорастворимый сульфат бария. Было также много ошибок в стехиометрических вычислениях.

4. Максимально набранный балл 9 из 10 максимально возможных. Задачу решали 13% участников (9 учеников). Средний балл, который набрали ученики, старавшиеся решить задание, составляет 4.4. Над ним трудились меньше всего, что свидетельствует об ограниченном знакомстве десятиклассников с органической химией. Проблема многих работ – записать формулу по названию вещества или назвать его.

5. Максимально набранный балл 8.5 из 15 максимально возможных. Задачу решали 27% участников (18 учеников). Средний балл, который набрали решавшие, составляет 3.1. Задание довольно сложное, требует подробного анализа условия. Хотя тематика задачи выходит за пределы школьной программы, условие содержало необходимую для вычислений формулу. Наиболее распространенные ошибки: непонимание того, что общая концентрация индикатора состоит из концентраций недиссоциированной (кислой) и диссоциированной (основной и окрашенной) форм; неумение вычислить концентрацию после разведения раствора.

6. Максимально набранный балл 15 из 15. Задачу решали 49% участников (33 ученика). Средний набранный решавшими балл составляет 4.3. Типичная «олимпиадная задача». Казалось бы, первое предложение условия прозрачно намекает на то, что веществом А является фосфор. Намек поняли немногие. Дальнейшее решение требовало в основном школьных знаний, наиболее сложной была, очевидно, лишь реакция диспропорционирования фосфора в баритовой воде. Наибольшей неожиданностью для членов жюри были вопросы некоторых участников «Что такое баритовая вода?».

7. Максимально набранный балл 14 из 15 максимально возможных. Задачу решали 96% участников (64 ученика). Средний балл, который они набрали, составляет 2.7. Задание оказалось сложным для участников. Средний балл ниже, чем был для экспериментальной задачи в предыдущие годы. Главная проблема: учащиеся не смогли не только объяснить явления, которые наблюдали в эксперименте, но и описать свои наблюдения, хотя много кто дополнительно, и не раз, подходил к демонстрационному столику. Общение со школьниками после олимпиады говорит о том, что много участников почти не видят в своих школах демонстрацию опытов. Вот что написано в одной из работ:

«К сожалению, в том учебном заведении, где я учусь (гимназия в районном центре), нет возможности проводить такие или подобные опыты. Нам лишь в 8 классе показали, как горит сухой спирт, и то это было лишь на минутку. Не-

сколько раз видели штатив и пробирку, так как, как говорят, все по счету. Поэтому то, что я буду писать в этой задаче, это только теория, так как, к величайшему сожалению, практики в моей жизни не было».

Но и с теорией в подавляющем большинстве работ тоже были нелады – весьма низко знание окислительно-восстановительных реакций и свойств галогенов.

11 класс

Количество участников – 64, максимально возможный балл – 67, максимальный набранный балл – 62.

Характерной особенностью этого комплекта является то, что сложность заданий примерно одинакова. Это хорошо видно по количеству решавших и среднему баллу, который они набрали. Выпадающей является задача №5, которая оказалась несколько проще. Фактически, темой 3-х задач (№№ 1, 5, 7) является органическая химия, задача №2 представляет электрохимию, задания №№ 3, 4 (и частично 6) – неорганическую химию, № 6 – строение вещества.

1. Максимально – 11 баллов, максимальный набранный балл – 10.5. Решали 32 человека (50%), средний балл – 2.58. Несмотря на то, что задание является одним из самых простых в комплекте, понятий, рассматриваемых в школе по теме “ароматические соединения”, недостаточно для его правильного решения. Используя расчеты, а также данные химических превращений, ароматический амин определяется достаточно просто. Тем не менее, большинство участников были сразу уверены именно в анилине, что являлось основной типичной ошибкой. Для решения подобных заданий необходимо владеть материалом относительно строения и химических свойств ароматических аминов, диазосоединений, нитросоединений, а также продуктов их восстановления.

2. Максимально – 8 баллов, максимальный набранный балл – 8. Решали 43 человека (67%), средний балл – 2.95. Для успешного решения не просто необходимо знать, как могут протекать окислительно-восстановительные реакции, но и иметь навыки решения задач по гальваническим элементам и электролизу (например, ориентироваться в знаках зарядов электродов в гальваническом элементе и при электролизе). В решениях часто были приведены: электродные процессы без общих уравнений и наоборот, что, очевидно, связано с невнимательностью учеников; уравнения типа $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cu}$, хотя более корректной в данном случае выглядит полуреакция $\text{CuO} + 2\bar{e} = \text{Cu} + \text{O}^{2-}$. Хотелось бы отметить, что при решении задач по электрохимии следует обратить внимание на запись уравнений полуреакций и реакций в ионном виде, особенно на те моменты, когда указывать вещество в виде ионов, а когда в молекулярном виде (твердые вещества, газы и т.д.).

3. Максимально – 10 баллов, максимальный набранный балл – 10. Решали 32 человека (50%), средний балл – 2.44. Задача простая (для решения её основной части требуются знания понятий “массовая доля” и “гидролиз”) и ее

вполне может решить ученик с твердым знанием школьной программы. При этом расчетным путем находятся SO_2 и SCl_4 , после чего остальные вещества “раскручиваются” от этих двух, причем фактических знаний по таким “экзотическим” соединениям серы у ученика может не быть. Ошибками были: чисто качественное решение задачи, погрешности в расчетах.

4. Максимально – 8 баллов, максимальный набранный балл – 8. Решали 14 человек (22%), средний балл – 2.61. Задача качественная, причем ее решение во многом зависит от общей эрудированности участника и его способности не “зацикливаться” на стандартных ответах. Школьных знаний для ее решения недостаточно, так как в программе не рассматриваются понятия “мезомерия”, “резонансные структуры” и т.п. Она решается вполне однозначно, причем образование анионом неизвестной кислоты двух геометрических изомеров четко указывает на его линейное строение. Основными ошибками были: попытки “оправдания” нитрат-иона, неверные уравнения реакций.

5. Максимально – 12 баллов, максимальный набранный балл – 11.5. Решали 42 человека (66%), средний балл – 5.96. Несмотря на кажущуюся сложность задания, ее решало большинство участников, набрав при этом достаточно высокий балл. Возможно, это обусловлено более пристальным вниманием участников к органической химии в 11-м классе. Задание относится, скорее, к сложным, а для его решения требуются систематические знания по темам “альдегиды и кетоны”, “карбоновые кислоты и их производные”. Название реакций оказалось самым трудным – это пытались сделать единицы. Основные ошибки в решениях были связаны с неправильной привязкой к продуктам химических превращений.

6. Максимально 10 баллов, максимальный набранный балл – 9.5. Решали 46 человек (72%), средний балл – 2.36. Понятно, что в данном случае было невозможно досконально знать структуры предложенных соединений. Напротив, требовалось в соответствии с формулой корректно вывести теоретически возможную структуру, а также предложить метод ее синтеза из продуктов основного неорганического синтеза. Однако уже для нарисованных формул возникли трудности с гибридизацией и структурой молекул. Несмотря на то, что почти каждый год на Областной олимпиаде в заданиях для 11-го класса встречаются вопросы, связанные с гибридизацией, учащиеся, в том числе и большинство победителей, подготовлены к ним весьма слабо. Характерно то, что участники не просто приводят неверную степень гибридизации, а часто пишут невозможное (например, sp^5 , s^2p^4 и т.д.), причиной чего, очевидно, является лишь поверхностное ознакомление с вопросами строения вещества и, в частности, методом валентных связей и теорией Гиллеспи.

7. Максимально 8 баллов, максимальный набранный балл – 6. Решали 52 человека, средний балл – 2.56. Задание по сложности сравнимо с 5-й задачей, а для его верного решения нужно использовать все без исключения данные, что может сделать только ученик, хорошо владеющий темой “оксикислоты”. Типичной ошибкой тех, кто не знал формулы лимонной кислоты, являлось неправильное трактование взаимосвязи “химическая реакция – структура”.

Фактически, никто последовательно не вывел формулу неизвестной кислоты. Те, кто знал единственную трехосновную гидроксикислоту – лимонную – сразу привели её формулу, лишь подтвердив правильность решения данными задачи.

ЗАДАНИЯ 2-ГО ТУРА

8 класс

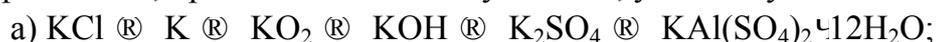
1. В замкнутый сосуд объемом 2 л, который наполовину заполнен водой, при температуре 20 °С и давлении $1.013 \cdot 10^5$ Па внесли навеску сплава массой 2.7 г, состоящего из цезия и неизвестного металла X, после чего наблюдалась бурная реакция взаимодействия сплава и воды с выделением газообразного продукта. После полного растворения навески в воде и охлаждения сосуда до первоначальной температуры в нем установилось давление $1.378 \cdot 10^5$ Па. Определите металл X, если известно, что мольная доля цезия в сплаве составляет 0.5.

2. Смесь, содержащую $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 и NaI массой 61.9 г растворили в воде. Полученный раствор обработали раствором нитрата серебра до прекращения выпадения осадка, выпавший при этом осадок отфильтровали и высушили, его масса составила 52.2 г. К полученному фильтрату добавили избыток сульфата натрия, при этом выпал осадок, не содержащий ионов серебра, масса которого после высушивания составила 46.6 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

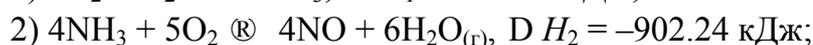
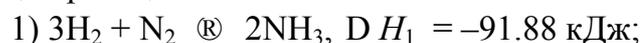
3. При прокаливании желтых кристаллов вещества А образуются твердое вещество В красного цвета, причем масса сухого остатка составляет 28.47% от массы исходных кристаллов, и пары, конденсация которых дает раствор вещества D в жидкости С с массовой долей 26.87%. Известно, что вещество А образуется при растворении металла М в растворе вещества D в жидкости С; состав вещества С такой: 65.31% – кислород, 32.65% – сера, 2.04% – водород; вещество В является продуктом сгорания металла М в атмосфере кислорода; при сгорании 22.4 г металла М образуется 32 г вещества В. Назовите вещества А, В, С, D, ответ обоснуйте соответствующими расчетами.

4. Газообразный хлор в течение некоторого времени пропускали через горячий раствор KOH. Образовавшийся раствор охладили до 0 °С, а выпавшие кристаллы отфильтровали. Полученный фильтрат массой 768 г проанализировали и установили, что он содержит только KOH, KCl и KClO_3 , причем молярности растворенных веществ в нем составляют: KOH – 0.42 моль/кг, KCl – 2.34 моль/кг, KClO_3 – 0.27 моль/кг. Определите массу полученного осадка после высушивания, если известно, что KCl и KClO_3 не образуют кристаллогидратов, а их растворимости при 0 °С равны 28.15 г и 3.3 г соли на 100 г воды, соответственно.

5. Запишите уравнения реакций, соответствующие указанным химическим превращениям, происходящим в одну стадию, укажите условия их протекания:



6. Процесс промышленного получения азотной кислоты основан на следующих реакциях:





Рассчитайте тепловой эффект реакции образования азотной кислоты из простых веществ, если известно, что ΔH образования жидкой воды равняется -285.84 кДж/моль, а ΔH испарения воды составляет 44.04 кДж/моль.

9 класс

1. К раствору соляной кислоты юный химик по неаккуратности добавил немного твердого сухого гидроксида лития. Для установления состава загрязненного раствора он поступил следующим образом. Часть раствора массой 2.044 г оттитровал 45 мл 0.15 М раствора LiOH , а затем из нейтрального раствора осадил хлорид-ионы, израсходовав при этом 20 мл 0.4 М раствора нитрата серебра. Вычислить: 1) массовую долю соляной кислоты в загрязненном растворе; 2) массовую долю соляной кислоты в исходном растворе.

2. Для процессов взаимодействия ионов свинца (II) с хлорид-ионами известно, что: $\beta_1 = 10^{1.59} = 38.90$; $\beta_2 = 10^{1.8} = 63.10$; $\beta_3 = 10^{1.7} = 50.12$; $\beta_4 = 10^{1.4} = 25.12$; $K_s = 10^{-4.89} = 1.29 \times 10^{-5}$; где β – общая константа комплексообразования, например: $\text{Me}^{2+} + 2\text{L}^- \rightleftharpoons \text{MeL}_2$, $\beta_2 = [\text{MeL}_2]/([\text{Me}^{2+}][\text{L}^-]^2)$; K_s – константа растворимости: $\text{MeL}_2 \rightleftharpoons \text{Me}^{2+} + 2\text{L}^-$, K_s .

Определите растворимость хлорида свинца (II) в чистой воде. Какова растворимость этой соли в 0.1 М растворе хлорида натрия? Рассчитайте ее также с учетом образования комплексов свинца.

3. Вычислите давление пара чистой жидкости с молекулярной массой 100 г/моль, масса которой уменьшается на 2 г при пропускании через нее 42 г азота при давлении 1 атм. и 20 °С.

4. Некоторый газ А массой 15 г, состоящий из трех элементов, пропустили через 400 г концентрированного раствора гидроксида калия, газ полностью поглотився. При этом образовались две соли (Б и В), массовая доля которых в полученном растворе составляет 4.876 и 2.044% соответственно. Дополнительно известно, что массовая доля кислорода в А составляет 46.83% . Также известно, что такую же массу соли Б можно получить при разложении 23.91 г хлората калия, а для осаждения анионов В в аналитической практике используют соли кальция. Что собой представляют А, Б, В? Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. При растворении 11 г FeCl_2 в 632.7 г воды выделилось 6.52 кДж тепла, а при растворении 6 г $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 216 г воды выделилось 0.345 кДж тепла. Вычислите энтальпию образования 1 моль кристаллогидрата из твердого FeCl_2 и воды. Можно ли рассчитать энтальпию этого процесса, если будут известны теплоты растворения 12 г FeCl_2 в 718.2 г воды и 3.5 г $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 158.4 г воды? Ответ обоснуйте. При расчетах примите: $M(\text{FeCl}_2) = 126.8$ г/моль; $M(\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 198.8$ г/моль; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль. Расчеты количеств веществ производите с точностью до 3 знака после запятой.

6. Для реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$, протекающей в газовой фазе при давлении 1 атм. и 700 К константа равновесия равна 9.01 . Вычислите, какое ко-

личество воды (в моль) нужно добавить к 150 м^3 смеси, содержащей в процентах по объему 30% CO , 2% CO_2 , 40% H_2 , 20% N_2 и 8% H_2O , чтобы после реакции содержание CO в осушенном газе составляло 4%?

10 класс

1. Вспышки над раствором. Оксид элемента А смешали с избытком измельченного магния и подожгли. В результате бурного взаимодействия получена смесь трех продуктов: двух бинарных веществ и одного простого. Остывшую смесь небольшими порциями вносят в стакан с раствором хлороводородной кислоты, при этом образуется газообразный продукт с массовой долей элемента А 87.4 %. На воздухе газообразный продукт самовоспламеняется, и контакт каждой порции смеси с раствором кислоты сопровождается энергичной вспышкой. После переноса в раствор всей смеси на дне стакана оказалось 0.562 г простого вещества А. 1) Установите элемент А. 2) Запишите уравнения всех происходящих реакций. 3) Рассчитайте объем (н.у.) выделившегося газообразного продукта, если для реакции взято 1.80 г оксида элемента А.

2. Титрование. 20 мл раствора с молярной концентрацией карбоната натрия 0.1 моль/л титруют раствором хлороводородной кислоты с молярной концентрацией 0.1 моль/л. 1) Рассчитайте рН раствора после добавления 0, 10, 20, 30, 40 и 50 мл раствора кислоты. 2) Пользуясь таблицей, выберите индикаторы для определения конца титрования с наиболее заметным изменением окраски.

Вспомогательные данные для решения задачи:



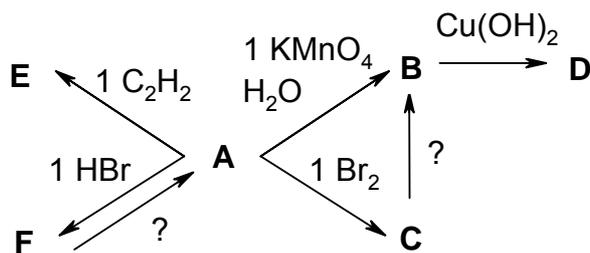
Название индикатора	Интервал рН перехода окраски	Цвета кислотной и основной форм индикатора
Метиловый фиолетовый, 1 переход	0.13 – 0.5	Желтый – Зеленый
Метиловый фиолетовый, 2 переход	1.0 – 1.5	Зеленый – Синий
Тропеолин 00	1.4 – 3.2	Красный – Желтый
Метиловый фиолетовый, 3 переход	2.0 – 3.0	Синий – Фиолетовый
2,4 – динитрофенол	2.8 – 4.4	Бесцветный – Желтый
Метиловый оранжевый	3.0 – 4.4	Красный – Оранжевый
Бромкрезоловый зеленый	3.8 – 5.4	Желтый – Синий
Лакмоид	4.0 – 6.4	Красный – Синий
Бромтимоловый синий	6.0 – 7.6	Желтый – Синий
Тимоловый красный	6.8 – 8.0	Желтый – Красный
Тропеолин 000	7.6 – 8.9	Желтый – Розовый
Фенолфталеин	8.2 – 10.0	Бесцветный – Пурпурный
Тимолфталеин	9.4 – 10.6	Бесцветный – Синий
Ализариновый желтый Р	10.1 – 12.1	Желтый – Лиловый

3. Цианиды. К 25 мл раствора с молярной концентрацией KCN 0.032 моль/л прилили 10 мл раствора с молярной концентрацией $Zn(NO_3)_2$ 0.040 моль/л и отделили выпавший осадок. Для проверки полноты осаждения CN^- к 1 мл прозрачного раствора добавили каплю раствора нитрата серебра. Эта реакция позволяет обнаружить ионы CN^- , если их в растворе содержится не менее 0.006 мкг. Что будет наблюдаться при проверке полноты осаждения?

Опыт повторили, увеличив в два раза объем добавленного раствора $Zn(NO_3)_2$. Во сколько раз уменьшится концентрация неосажденных ионов CN^- по сравнению с первым опытом? Какой результат будет наблюдаться при проверке полноты осаждения по реакции с нитратом серебра? Произведение растворимости цианида цинка $10^{-15.5}$.

4. Изомеры. Присоединение брома к некоторому количеству газа А дает 6.06 г продукта В, тогда как гидробромирование такого же количества А – 3.69 г продукта С. Приведите возможные структуры А, назовите их. Запишите уравнения реакций. Какие сигналы будут наблюдаться в спектрах ПМР А и продуктов реакций?

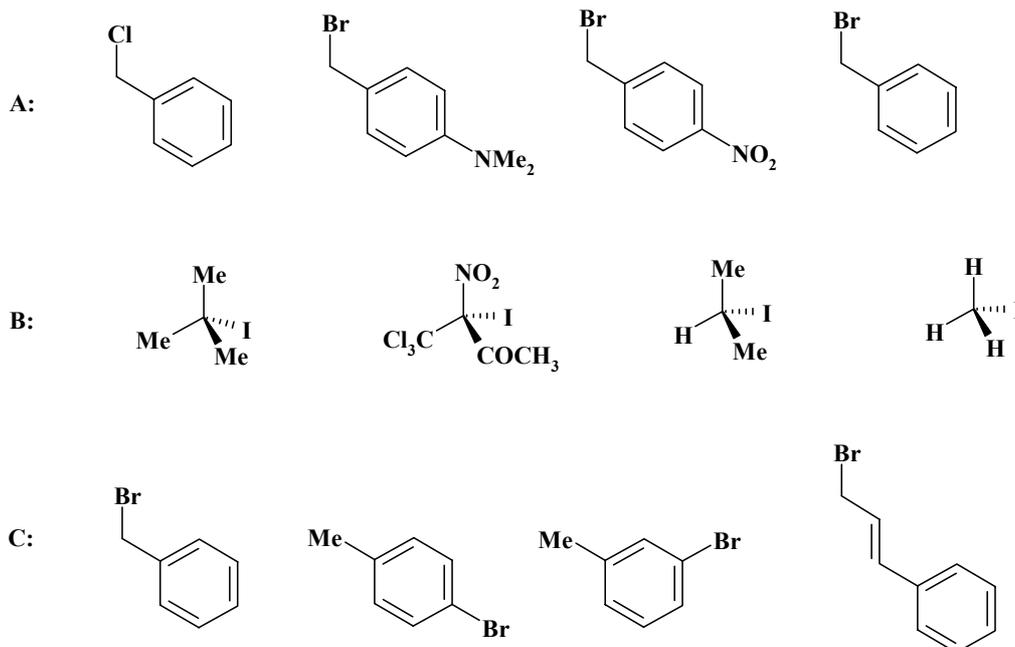
5. Реагенты и реакции. Расшифруйте вещества А–F и осуществите цепочку превращений, если известно, что А – углеводород с массовой долей углерода 90.9%, а процесс образования С кинетически контролируемый:



6. Простые и сложные вещества. Простые вещества А и В при нагревании до высокой температуры образуют соединение С, которое при гидролизе дает горючий газ D с неприятным запахом. Взаимодействие А с простым веществом Е приводит к образованию белого продукта F – одного из наиболее твердых веществ. В и Е при взаимодействии образуют газ G, растворимый в воде. Раствор G в воде окрашивает лакмус в красный цвет. Расшифруйте вещества А–G, напишите уравнения реакций, упомянутых в задаче, и укажите условия их проведения.

11 класс

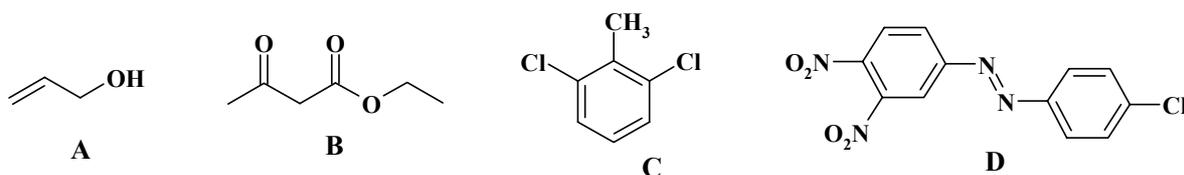
1. Механизм. Какие соединения при гетеролитической диссоциации будут давать более устойчивые карбокатионы (провести сравнение внутри рядов)? Какие продукты должны образоваться при взаимодействии нитрит-иона с членами ряда В (привести названия соединений по IUPAC, написать механизмы реакций и их систематические названия)?



2. Аромат. Карбоциклическое производное пиррола А ($M = 117$), устойчивое по отношению к диенофилам, содержится в эфирных маслах жасмина и белой акации, обладает в малых количествах приятным запахом. При действии на него соединения В (60.15% Br, 18.05% Mg) в эфире образуется вещество С и этан. При взаимодействии С с ацетилхлоридом при охлаждении образуется соединение D, способное гидролизоваться, а при повышенной температуре – соединение E, гидролиз которого невозможен.

Определите зашифрованные вещества, приведите схемы и механизмы реакций. Чем объясняется разница в реакционной способности С при различных температурах? Какой изомер соединения А (также производное пиррола) неустойчив по отношению к диенофилам? Почему?

3. Синтез. Приведите схемы получения указанных веществ из неорганических реагентов:



Приведите их названия.

4. sp^1 , sp^3 или sp^4 ? 1) Предложите структурные формулы молекул P_4O_6 и P_4O_{10} , если известно, что атомы фосфора в обеих этих структурах лежат в вершинах тетраэдра. Определите степень гибридизации этих атомов. 2) Известно, что молекулы SF_4 имеют форму «дорожного знака». Объясните это, приведя их геометрию и степень гибридизации атома серы. 3) Приведите геометрию частиц и степень гибридизации их неконцевых атомов, предскажите наличие (отсутствие) у них окраски: B_2H_6 , N_2O_3 , $FCIO_4$, $SbCl_5$, ClF_2^- , H_3PO_2 , $Fe(CN)_6^{3-}$, $Co(CO)_4^-$, FeF_6^{3-} , $Mn_2(CO)_{10}$.

5. Кинетика. Изучается кинетика взаимодействия веществ А и В. При большом избытке В время полупревращения А составляет:

- 1) 238 с при начальной концентрации А = 2 моль/л,
- 2) 80 с при начальной концентрации А = 6 моль/л.

Аналогичные эксперименты при стехиометрическом соотношении реагентов дали следующие результаты:

- 1) 10^4 с при начальной концентрации А = 2 моль/л,
- 2) 10^3 с при начальной концентрации А = 6 моль/л.

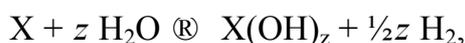
Найдите порядок реакции. Предложите схему реакции, совместимую с приведенными результатами. Рассчитайте константу скорости для этой схемы. Можно ли сказать, какой избыток реагента В был взят в первом случае?

6. Титрование. См. задачу №2 для 10-го класса.

РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ 2-ГО ТУРА

8 класс

1. Активные металлы растворяются в воде с выделением водорода:



где z – валентность металла X. После растворения навески избыточное давление в сосуде равняется $1.378 \cdot 10^5 - 1.013 \cdot 10^5 = 0.365 \cdot 10^5$ Па; это давление создается выделившимся водородом. Найдем количество выделившегося водорода: $n_{\text{H}_2} = pV / (RT) = 0.365 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3} / (8.314 \cdot 293) = 0.015$ моль. Пусть x – масса металла X в сплаве, а M – его молярная масса, тогда количества моль металла X навеске сплава составляют: для цезия – $(2.7 - x)/133$, для металла X – x/M . Если мольная доля цезия в сплаве составляет 0.5, то количества моль металлов в сплаве равны, поэтому $(2.7 - x)/133 = x/M$, откуда следует, что $x = 2.7M/(133 + M)$. Из уравнений реакций следует, что 1 моль цезия вытесняет $\frac{1}{2}$ моль водорода, а 1 моль металла X – $\frac{1}{2}z$ моль H_2 . Составляем уравнение для расчета количества моль водорода:

$$\frac{x}{M} \cdot \frac{1}{2} + \frac{z}{2} \cdot \frac{x}{M} = 0.015; \quad \frac{x}{M} = \frac{0.03}{z + 1}; \quad \frac{2.7}{133 + M} = \frac{0.03}{z + 1}; \quad M = 90z - 43.$$

Найдем M методом подбора. При $z = 1$, $M = 47$ г/моль, такого одновалентного металла нет; при $z = 2$, $M = 137$ г/моль, что соответствует двухвалентному барийю; при $z = 3$, $M = 227$ г/моль, что соответствует трехвалентному актинию; при $z > 3$ молярная масса оказывается большей, чем у известных элементов. Таким образом, в роли металла X может выступать барий или актиний, поскольку оба они способны растворяться в воде с выделением водорода. Однако растворение актиния протекает очень медленно, тогда как бария – бурно, поэтому наиболее вероятный ответ – металл X – это барий.

2. Пусть x , y , z – количество моль $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 и NaJ в смеси, соответственно. Тогда массы солей можно рассчитать как произведение количества моль соли на ее молярную массу: $261x$ г – масса $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $208y$ г – масса BaCl_2 , $150z$ г – масса NaJ , следовательно

$$261x + 208y + 150z = 61.9.$$

При добавлении нитрата серебра выпадают осадки AgCl и AgJ , причем количество AgCl равно $2y$ моль, а AgJ – z моль, массы этих солей составляют $2y \cdot 143.5$ и $z \cdot 235$, значит

$$287y + 235z = 52.2.$$

При добавлении сульфата натрия выпадает осадок BaSO_4 , причем его количество равно $(x + y)$ моль, а масса – $(x + y)233$, поэтому

$$233(x + y) = 46.6.$$

Решая систему из трех полученных уравнений, находим, что $x = 0.1$ моль, $y = 0.1$ моль, $z = 0.1$ моль. Массы солей в смеси составляют 26.1 г, 20.8 и 15.0, а массовые доли:

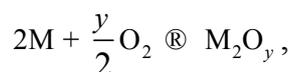
$$w(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 26.1/61.9 = 0.422,$$

$$w(\text{BaCl}_2) = 20.8/61.9 = 0.336,$$

$$w(\text{NaJ}) = 1 - 0.422 - 0.336 = 0.242.$$

3. Установим формулу вещества С. Возьмем 100 г этого вещества. Тогда содержание элементов в таком количестве вещества будет равно: 2.04 моль водорода, 1.02 моль серы, 4.08 моль кислорода. Очевидно, что это серная кислота.

Найдем металл М. Взаимодействие этого металла с кислородом протекает по уравнению



где y – валентность металла. Пусть молярная масса металла равна a г/моль, тогда из $2a$ г металла образуется $(2a + 16y)$ г оксида. Составляем пропорцию $(2a + 16y)/32 = 2a/22.4$, откуда получаем $a = 18.665y$. Так как y целое число от 1 до 7, то методом подбора находим, что металл М – это железо, а вещество В – Fe_2O_3 . Так как молярная масса Fe_2O_3 равна 160, то молярная масса вещества А составляет $160/0.2847 = 562$ г/моль. Масса раствора серной кислоты и вещества D, который образуется при разложении 1 моль вещества А, равна $562 - 160 = 402$ г, из которых $402 \cdot 0.7313 = 294$ г или 3 моль составляет H_2SO_4 , остальные $402 - 294 = 108$ г приходятся на вещество D. Предположим, что вещество D это вода, тогда 108 г составляют 6 моль. В этом случае продукты разложения вещества А таковы: 1 моль Fe_2O_3 , 3 моль H_2SO_4 и 6 моль H_2O , что соответствует кристаллогидрату $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, который при нагревании разлагается по уравнению



4. При пропускании хлора через горячий раствор KOH образуются хлорид и хлорат калия:



В насыщенном растворе KCl его молярность составляет $28.15/(74.5 \cdot 0.1) = 3.78$ моль/кг, а в насыщенном растворе $\text{KClO}_3 - 3.3/(122.5 \cdot 0.1) = 0.27$ моль/кг. Значит, полученный фильтрат насыщен относительно хлората калия и не насыщен относительно KCl, следовательно, в осадке находится только KClO_3 . Найдем массы солей в полученном фильтрате. Пусть масса воды в 768 г фильтрата равна x кг. Тогда массы растворенных веществ равны: KOH – $0.42 \cdot 56 \cdot x = 23.53x$ г, KCl – $2.34 \cdot 74.5 \cdot x = 174.33x$ г, $\text{KClO}_3 - 0.27 \cdot 122.5 \cdot x = 33.08x$ г. Очевидно, что

$$1000x + 23.53x + 174.33x + 33.08x = 768.$$

Откуда $x = 768/1230.94 = 0.624$ кг или 624 г, масса KCl равна $174.33 \cdot 0.624 = 108.78$ г, масса $\text{KClO}_3 - 33.08 \cdot 0.624 = 20.64$ г, а масса KOH равна $768 - (624 + 108.78 + 20.64) = 14.58$ г.

Согласно уравнению реакции, при образовании 1 моль KClO_3 образуется 5 моль KCl . Так как в растворе содержится 108.78 г KCl или $108.78/74.5 = 1.46$ моль, то образовалось $1.46/5 = 0.29$ моль KClO_3 или $0.29 \cdot 122.5 = 35.53$ г. Так как в фильтрате содержится 20.64 г хлората калия, то в осадке будет $35.53 - 20.64 = 14.89$ г.

5. а) $2\text{KCl} \xrightarrow{\text{электрод}} 2\text{K} + \text{Cl}_2$, протекает при электролизе расплава KCl ;

$2\text{K} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{электрод}} \text{KO}_2$, протекает при сгорании калия на воздухе;

$2\text{KO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электрод}} 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$, протекает при обычных условиях;

$2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{электрод}} \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, протекает при обычных условиях;

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ образуется при кристаллизации раствора, содержащего смесь сульфатов алюминия и калия.

б) $\text{Cl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\text{электрод}} \text{NCl}_3 + 4\text{HCl}$, протекает при пропускании хлора через насыщенный водный раствор NH_4Cl ;

$\text{NCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электрод}} \text{NH}_3 + 3\text{HClO}$, протекает при обычных условиях;

$2\text{HClO} \xrightarrow{\text{электрод}} \text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$, протекает в присутствии водоотнимающих средств, например, CaCl_2 ;

$2\text{Cl}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электрод}} 2\text{Cl}_2 + \text{O}_2$, протекает при нагревании;

$\text{Cl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{электрод}} \text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$, протекает при обычных условиях.

6. Для решения используем закон Гесса и следствие из него. Теплота образования $\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ равна $-285.84 + 44.04 = -241.80$ кДж/моль. Из уравнения 2) найдем:

$D H_{\text{образ}}(\text{NO}) = \frac{1}{4}(-902.24 + 2 \cdot (-91.88) - 6 \cdot (-241.80)) = 91.20$ кДж/моль. Из

уравнения 3) следует, что $D H_{\text{образ}}(\text{NO}_2) = \frac{1}{2}(-114.06 + 2 \cdot 91.20) = 34.17$

кДж/моль. Из уравнения 4) следует, что

$$D H_4 = 2 D H_{\text{образ}}(\text{HNO}_{3(\text{ж})}) + D H_{\text{образ}}(\text{NO}) - (3 D H_{\text{образ}}(\text{NO}_2) + D H_{\text{образ}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})})).$$

Откуда

$$D H_{\text{образ}}(\text{HNO}_{3(\text{ж})}) = \frac{1}{2} (D H_4 + 3 D H_{\text{образ}}(\text{NO}_2) + D H_{\text{образ}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - D H_{\text{образ}}(\text{NO})) = \\ = \frac{1}{2} (-71.47 + 3 \cdot 34.17 + -285.84 - 91.20) = -173.00 \text{ кДж/моль.}$$

9 класс

1. Загрязнение раствора: $\text{LiOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Нейтрализация: $\text{LiOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Осаждение хлорид-ионов $\text{LiCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{LiNO}_3$.

$\nu(\text{LiOH}) = 0.00675$ моль, тогда в загрязненном растворе содержится 0.00675 моль соляной кислоты, из которой получится 0.00675 моль хлорида лития.

$\nu(\text{AgNO}_3) = 0.008$ моль. В таком случае всего хлоридов образовалось 0.008 моль, а при загрязнении $0.008 - 0.00675 = 0.00125$ моль хлорида лития. Тогда в за-

грязненном растворе содержится $\omega(\text{HCl}) = \frac{0.00675 \cdot 36.5}{2.044} = 0.1205 = 12.05\%$. Исход-

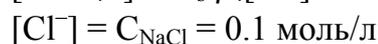
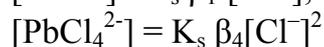
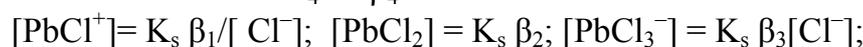
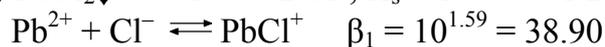
ный раствор содержал 0.008 моль соляной кислоты (0.292 г). Было добавлено

0.00125 моль LiOH (0.0299 г). Тогда масса незагрязненного раствора составляет 2.044 – 0.0299 = 2.014 г, и в исходном растворе содержится

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{0.292}{2.014} = 0.1450 = 14.50\%$$



$$S = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = 1.476 \times 10^{-2} \text{ моль/л.}$$



$$\begin{aligned} S &= [\text{Pb}^{2+}] + [\text{PbCl}^+] + [\text{PbCl}_2] + [\text{PbCl}_3^-] + [\text{PbCl}_4^{2-}] = \\ &= 1.3 \times 10^{-5} / 10^{-2} + 10^{-4.89} \times 10^{1.59} / 0.1 + 10^{-4.89} \times 10^{1.8} + 10^{-4.89} \times 10^{1.7} \times 0.1 + 10^{-4.89} \times 10^{1.4} \times 0.01 = \\ &= 7.16 \times 10^{-3} \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

Без учета комплексообразования – $S = \frac{K_s}{0.01} = 1.28 \times 10^{-3}$.

3. $PV = \nu_x RT \quad \nu_x = 2/100 = 0.02 \text{ моль.}$

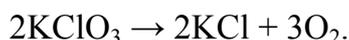
$$P = \frac{\nu_x RT}{V}, \quad V = V_{\text{азота}} + V_{\text{газа}} = \frac{(\nu_{N_2} + \nu_x) RT}{P_{N_2}}, \quad P_{N_2} = 1 \text{ атм.}$$

$$P = \frac{\nu_x}{(\nu_x + \nu_{N_2})} P_{N_2} = 0.0066 \text{ атм} = 1333 \text{ Па.}$$

4. Определим массы солей Б и В:

$m(\text{А}) = 0.04876 \times 415 = 20.24 \text{ г}, m(\text{Б}) = 0.02044 \times 415 = 8.48 \text{ г.}$

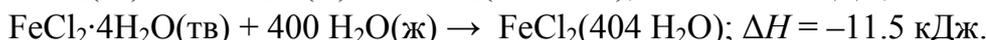
Хлорат калия может разлагаться, в зависимости от условий, следующим образом:



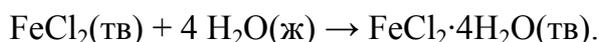
Условию задачи удовлетворяет первая реакция (из 23.91 г KClO_3 получается 20.24 г перхлората калия). Таким образом, соль Б – это KClO_4 . Поскольку данный газ содержит кислород, то, очевидно, речь идет об оксосоединении хлора в степени окисления +7. Такие соединения известны только с фтором. Это предположение подтверждается тем, что соль В можно осадить ионами кальция, а это часто используется для анализа содержания фторидов. Тогда А – это оксофторид хлора, В – KF. Известно два таких соединения – ClO_3F и ClO_2F_3 . Последнее соединение не обладает кислотными свойствами и не удовлетворяет условию задачи. Итак, А – ClO_3F . $\text{ClO}_3\text{F} + 2 \text{KOH} = \text{KClO}_4 + \text{KF} + \text{H}_2\text{O}$.

5. Вычислим молярное соотношение $\nu(\text{FeCl}_2)/\nu(\text{H}_2\text{O})$ в растворе, содержится 11 г соли ($M = 126.8$ г/моль) и 632.7 г воды ($M = 18$ г/моль). $\nu(\text{FeCl}_2)/\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.087/35.15 = 1/404$. Количество теплоты, выделившейся при растворении 1 моль FeCl_2 , составляет 74.9 кДж. Вычисляем молярное соотношение $\nu(\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})/\nu(\text{H}_2\text{O})$ в растворе, содержащем 6 г кристаллогидрата ($M = 198.8$ г/моль) и 216 г воды. $\nu(\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})/\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0.03/12 = 1/400$. Количество теплоты, выделившейся при растворении 1 моль $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, составляет 11.5 кДж.

Запишем схему процессов растворения:



Нам требуется определить тепловой эффект процесса



Это уравнение получается из разности предыдущих двух, и тогда

$$\Delta H = -63.4 \text{ кДж}.$$

Теплота растворения зависит от концентрации полученного раствора. Для расчета энтальпии необходимо, чтобы в обоих растворах молярное соотношение $\nu(\text{FeCl}_2)/\nu(\text{H}_2\text{O})$ было одинаковым. В случае растворов, содержащих 12 г FeCl_2 в 718.2 г воды и 3.5 г $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 158.4 г воды $\nu(\text{FeCl}_2)/\nu(\text{H}_2\text{O})$, составляет $0.095/39.9 = 1/420$ и $0.025/12.8 = 1/512$ соответственно. Это не позволяет рассчитать энтальпию образования кристаллогидрата на основании этих данных.

6. Исходная смесь содержит $45 \text{ м}^3 \text{ CO}$, $3 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$, $60 \text{ м}^3 \text{ H}_2$, $30 \text{ м}^3 \text{ N}_2$, $12 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$. Пусть нужный объем воды – $x \text{ м}^3$. В реакцию вступит $y \text{ м}^3$ воды. Тогда объемы газов в равновесной смеси составят :

$$(45 - y) \text{ м}^3 \text{ CO}, (3 + y) \text{ м}^3 \text{ CO}_2, (60 + y) \text{ м}^3 \text{ H}_2, (12 - y - x) \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}.$$

В этом случае константа процесса будет выражаться как

$$K = \frac{(3 + y)(60 + y)}{(45 - y)(12 + x - y)} = 9.01.$$

Объем газов после удаления паров воды будет составлять

$$V(\text{CO}) + V(\text{CO}_2) + V(\text{H}_2) + V(\text{N}_2) = (45 - y) + (3 + y) + (60 + y) + 30 = 138 + y \text{ м}^3.$$

Объемной доле монооксида углерода тогда соответствует выражение $\varphi(\text{CO}) = \frac{45 - y}{138 + y} = 0,04$. Отсюда $y = 37.96 \text{ м}^3$. Подставив это значение в выражение

для константы равновесия, найдем $x = 89.22 \text{ м}^3$. Найдем количество вещества воды

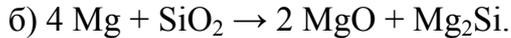
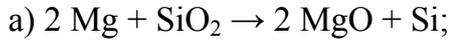
$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{101.3 \times 10^3 \times 89.22}{8.31 \times 700} = 1553.7 \text{ моль}.$$

10 класс

1. **Вспышки над раствором.** Обратим внимание на газообразный продукт, самовоспламеняющийся на воздухе. В нем высокое содержание элемента А, поэтому можно предположить, что это: 1) бинарное соединение; 2) водородное со-

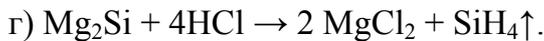
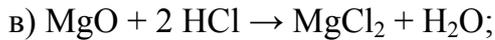
единение элемента А, поскольку образуется с участием HCl (для хлоридного соединения содержание хлорида нереально мало). Тогда молярная масса эквивалента А равна $1.008 \cdot 87.4/126 = 6.993$ г/моль. Это соответствует молярной массе лития (6.92 г/моль) или кремния ($6.99 \times 4 \approx 28.0$ г/моль). Литий не мог бы оставаться на дне стакана с раствором HCl, поэтому элемент А – кремний.

Уравнения реакций для получения трех продуктов:

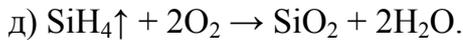


Таким образом, смесь содержит силицид магния Mg_2Si , оксид MgO и простое вещество Si; избыток магния при горении также образует MgO.

Уравнения реакций при взаимодействии с раствором кислоты:



Кремний с кислотой не реагирует и остается на дне стакана. Газообразный силан SiH_4 самовоспламеняется на воздухе:

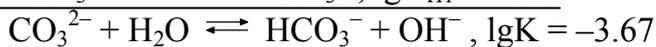


Количество вещества SiO_2 $1.80/60.1 = 0.0300$ моль; из него в кремний по реакции (а) превратилось $0.562/28.1 = 0.0200$ моль, на образование Mg_2Si , реакция б) и, далее, $\text{SiH}_4\uparrow$, реакция г) осталось 0.0100 моль, отсюда объем выделившегося силана $0.0100 \text{ моль} \times 22.4 \text{ л/моль} = 0.224 \text{ л}$.

2. Титрование. Если титровать карбонат с разными индикаторами, то можно зафиксировать 2 точки стехиометричности: 1 – при объеме добавленного титранта 20 мл, 2 – 40 мл.

1) Добавили 0 мл титранта.

Для расчета pH раствора необходимо скомбинировать два уравнения:



Далее используем схему Комаря:



с 0.1 – – –

Δс –х х х

[с] 0.1 – х х х

Запишем уравнение ЗДМ: $10^{-3.67} = x^2 / (0.1 - x)$,

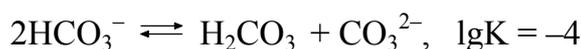
считаем $x \ll 0.1$, тогда $x = 4.6 \cdot 10^{-3}$ или $\text{pOH} = 2.34$, $\text{pH} = 11.66$.

2) Добавили 10 мл титранта. Это точка полуоттитрованности карбоната по первой ступени. Для расчета pH используем уравнение:

$\text{pH} = \lg K_{H1} + \lg([\text{CO}_3^{2-}]/[\text{HCO}_3^-])$, в этой точке концентрация карбоната равна концентрации гидрокарбоната и, следовательно, $\text{pH} = 10.33$.

3) Добавили 20 мл титранта – первая точка стехиометричности, которая соответствует переходу карбоната в гидрокарбонат.



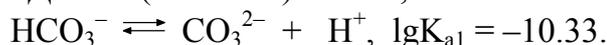


$$c \quad 0.1 \cdot 20/40 \quad - \quad -$$

$$\Delta c \quad -2x \quad x \quad x$$

$$[c] \quad 0.05 - 2x \quad x \quad x$$

$$\text{ЗДМ: } x^2 / (0.05 - 2x)^2 = 10^{-4}, x = 4.9 \cdot 10^{-4}.$$



$$[] \quad 0.049 \quad 4.9 \cdot 10^{-4} \quad x$$

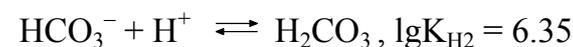
$$\text{ЗДМ: } 4.9 \cdot 10^{-4} x / 0.049 = 10^{-10.33}, \text{pH} = 8.33.$$

4) Добавили 30 мл титранта. Это вторая точка полутитрованности. pH находим аналогично, pH = 6.35.

5) Добавили 40 мл титранта – вторая точка стехиометричности.



$$c \quad 0.1 \cdot 20/60 \quad 0.033 \quad 0.033$$



$$c \quad 0.033 \quad 0.033 \quad 0$$

$$\Delta c \quad -0.033 \quad -0.033 \quad 0.033$$

$$c_{\text{lim}} \quad 0 \quad 0 \quad 0.033$$

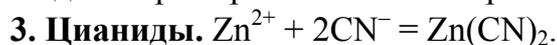
$$\Delta c \quad x \quad x \quad -x$$

$$[c] \quad x \quad x \quad 0.033 - x$$

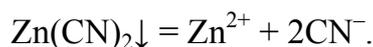
$$\text{ЗДМ: } (0.033 - x) / x^2 = 10^{6.35}, x = 1.21 \cdot 10^{-4}, \text{pH} = 3.91.$$

6) Добавили 50 мл титранта. pH в этой точке будет определяться избытком соляной кислоты: $c(\text{HCl}) = (0.1 \cdot 50 - 0.1 \cdot 40) / 70 = 0.014$, pH = 1.85.

Индикаторы: тропеолин 000 и бромкрезоловый зеленый.



Найдем количество вещества $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и KCN: $n(\text{Zn}^{2+}) = 4 \cdot 10^{-4}$ моль, $n(\text{CN}^-) = 8 \cdot 10^{-4}$ моль. Вещества взяты в стехиометрическом соотношении, наличие цианид-ионов в растворе будет обеспечиваться только растворимостью осадка.



$$S = \sqrt[3]{\frac{10^{-15.5}}{2^2 \cdot 1^1}} = 4.5 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}; c(\text{CN}^-) = 9.0 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л} = 9.0 \cdot 10^{-9} \text{ моль/мл}.$$

$M(\text{CN}^-) = 26$ г/моль, масса цианид ионов в 1 мл пробы $2.2 \cdot 10^{-7}$ г, а открыть можно до $6 \cdot 10^{-9}$ г, значит, осадок выпадет.

Во втором случае надо рассчитывать растворимость, исходя из избытка одноименного иона.



$$c \quad - \quad 0.009 \quad -$$

$$\Delta c \quad - \quad s \quad 2s$$

$$[] \quad - \quad s + 0.009 \quad 2s$$

Запишем выражение ЗДМ:

$$(2s)^2 \cdot (0.009 + s) = 10^{-15.5}, s = 9.4 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л} = 9.4 \cdot 10^{-11} \text{ моль/мл}.$$

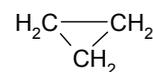
Растворимость осадка уменьшится в 100 раз. Концентрация CN^- в два раза больше: $18.8 \cdot 10^{-11}$ моль/мл, а масса цианид ионов в 1 мл пробы: $4.9 \cdot 10^{-9}$ г. отсюда видно, что осадок не выпадет.

4. Изомеры. Разность масс полученных продуктов соответствует разности масс HBr и Br_2 , отсюда количество вещества остатка, приходящегося на одну молекулу HBr или Br_2 :

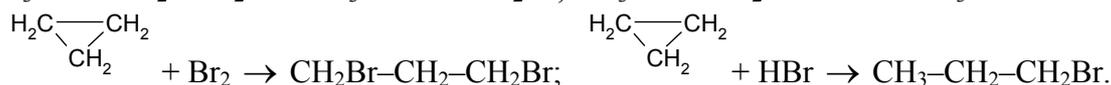
$$\frac{6.06 - 3.69}{M(\text{Br}_2) - M(\text{HBr})} = \frac{2.37}{79} = 0.0300 \text{ моль}.$$

Молярная масса продукта бромирования 202 г/моль, гидробромирования 123 г/моль. Отсюда молярная масса остатка 42 г/моль. Слагаемое, кратное 12 г/моль, равно 36 г/моль, поэтому формула остатка C_3H_6 . Это же и формула искомым углеводородов, поскольку при полученном соотношении $\text{C} : \text{H}$ молекула может содержать лишь одну двойную связь и присоединять лишь одну молекулу HBr и Br_2 .

Формулу C_3H_6 имеют пропен $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ и циклопропан



Уравнения реакций:



В ПМР спектрах будут наблюдаться:

пропен $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ – дублет CH_3 , мультиплет CH и два дублета дублетов CH_2 ;

циклопропан – один синглет;

$\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{Br}$, 1,2-дибромпропан – дублет CH_3 и дублет CH_2Br , мультиплет CHBr ;

$\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3$, 2-бромпропан – дублет CH_3 , гептет CHBr ;

$\text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{-CH}_2\text{Br}$, 1,3-дибромпропан – триплет CH_2Br , пентет CH_2 ;

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Br}$, 1-бромпропан – триплет CH_3 , триплет CH_2Br , мультиплет CH_2 .

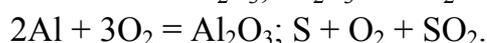
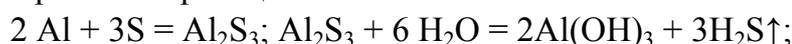
5. Реагенты и реакции. Соотношение углеводорода и водорода в углеводороде:

$$\frac{90.9}{12.01} : \frac{9.1}{1.01} = 7.57 : 9.01 = 5 : 6.$$

Вещество А циклопентадиен.

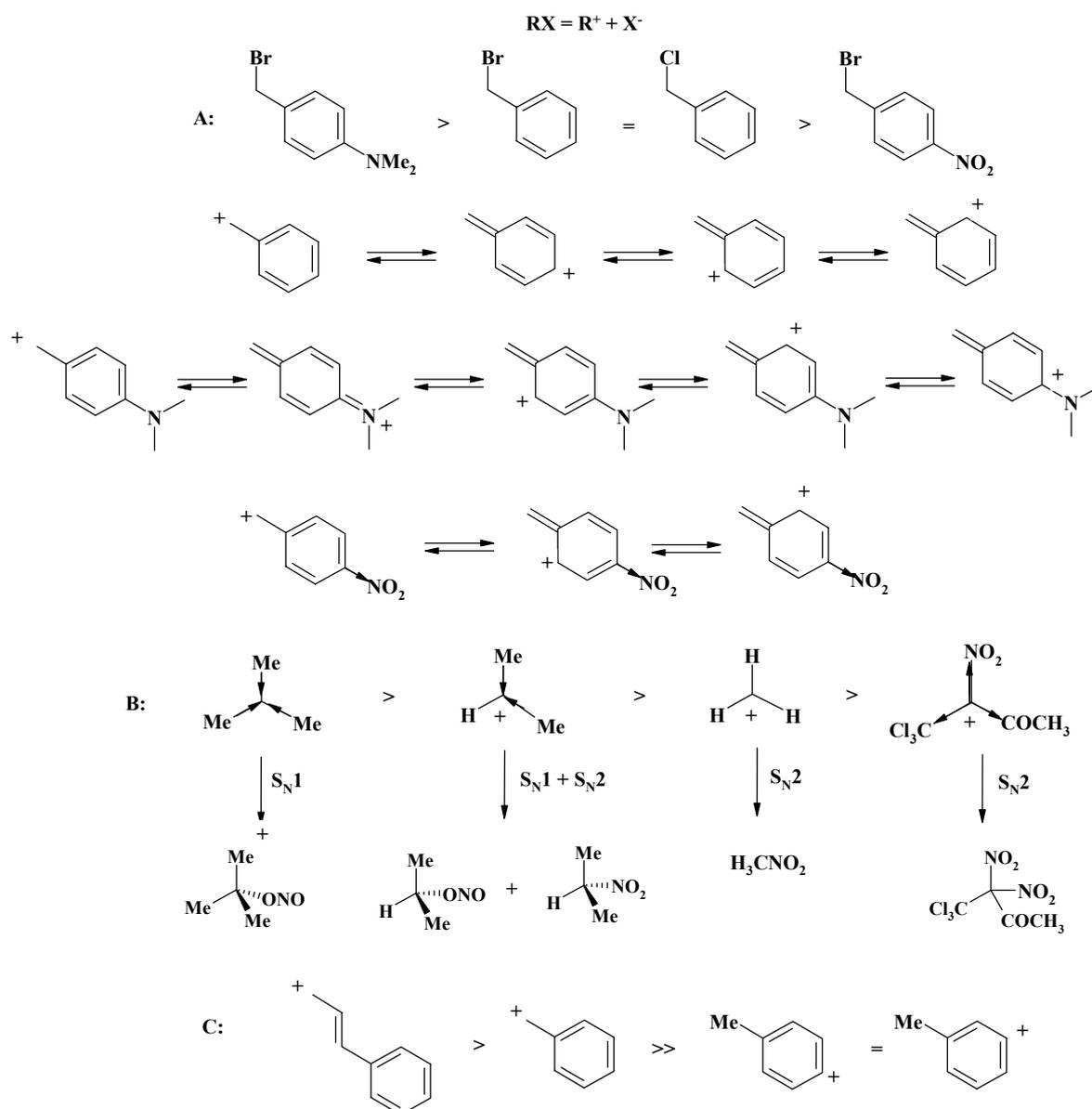
6. Простые и сложные вещества. А – алюминий, В – сера, С – сульфид алюминия, Д – сероводород, Е – кислород, Ф – оксид алюминия (корунд), Ж – оксид серы.

Уравнения реакций:



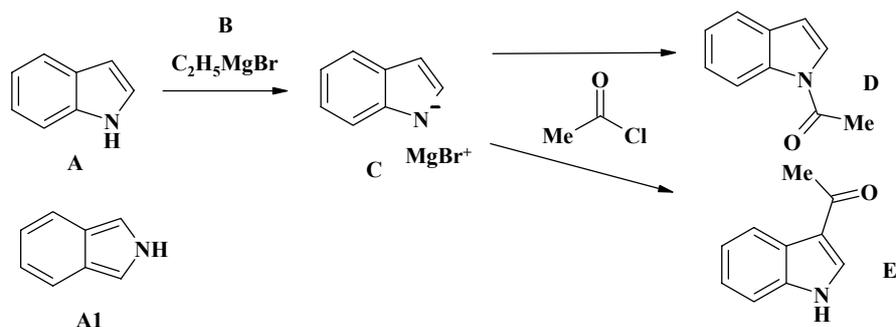
11 класс

1. Механизм.



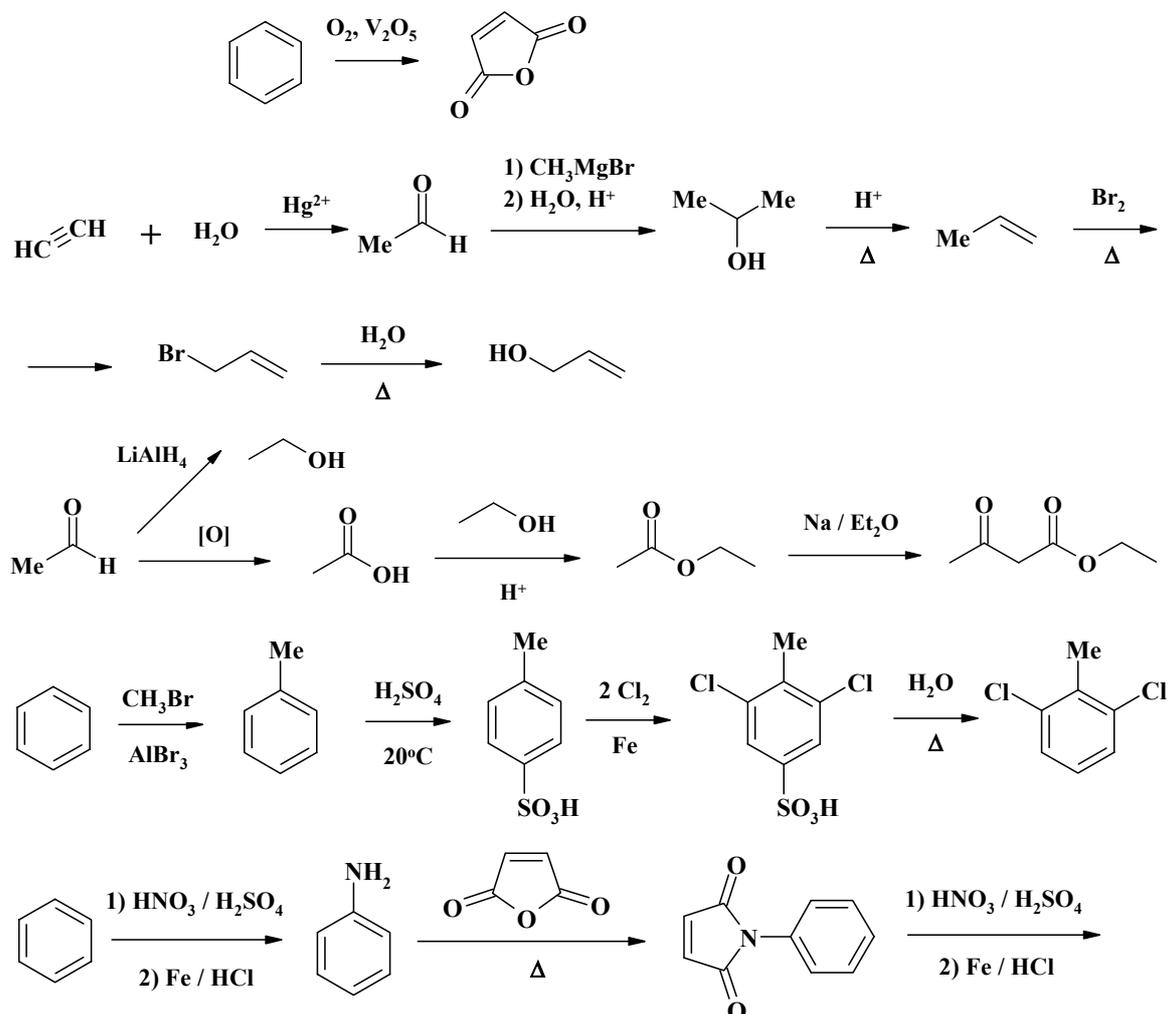
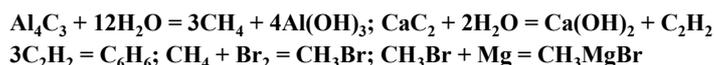
Трет-бутилнитрит, 2-пропилнитрит, 2-нитропропан, нитрометан, 3,3-динитро-4,4,4-трихлорбутан-2-он.

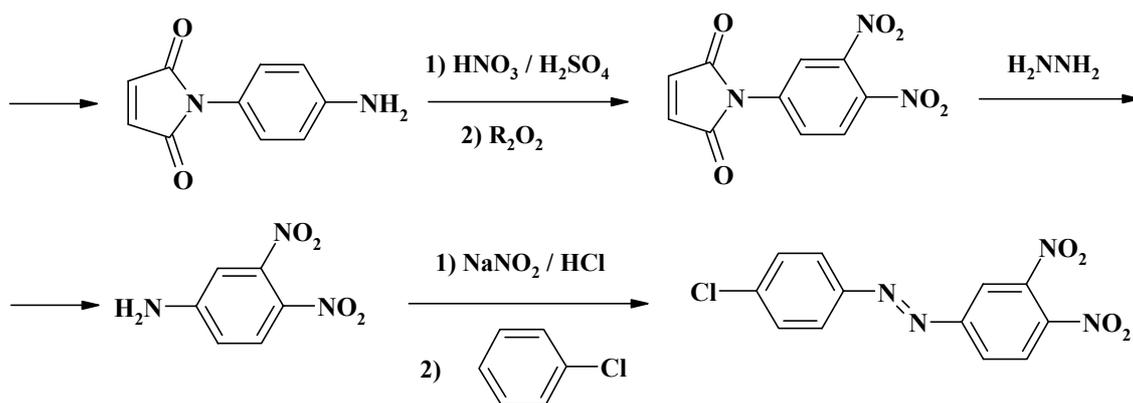
2. Аромат. Карбоциклическое производное А – индол (бенз[б]пиррол). Соединение В – этилмагний бромид, что следует из данных элементного анализа и выделения этана. Анион индола реагирует с ацетилхлоридом при низкой температуре с образованием кинетически контролируемого N-ацетилпроизводного D, а при более высокой температуре продуктом является 3-ацетилиндол Е. Изоиндол реагирует с диенофилами благодаря большому вкладу диеновой составляющей в его структуру:



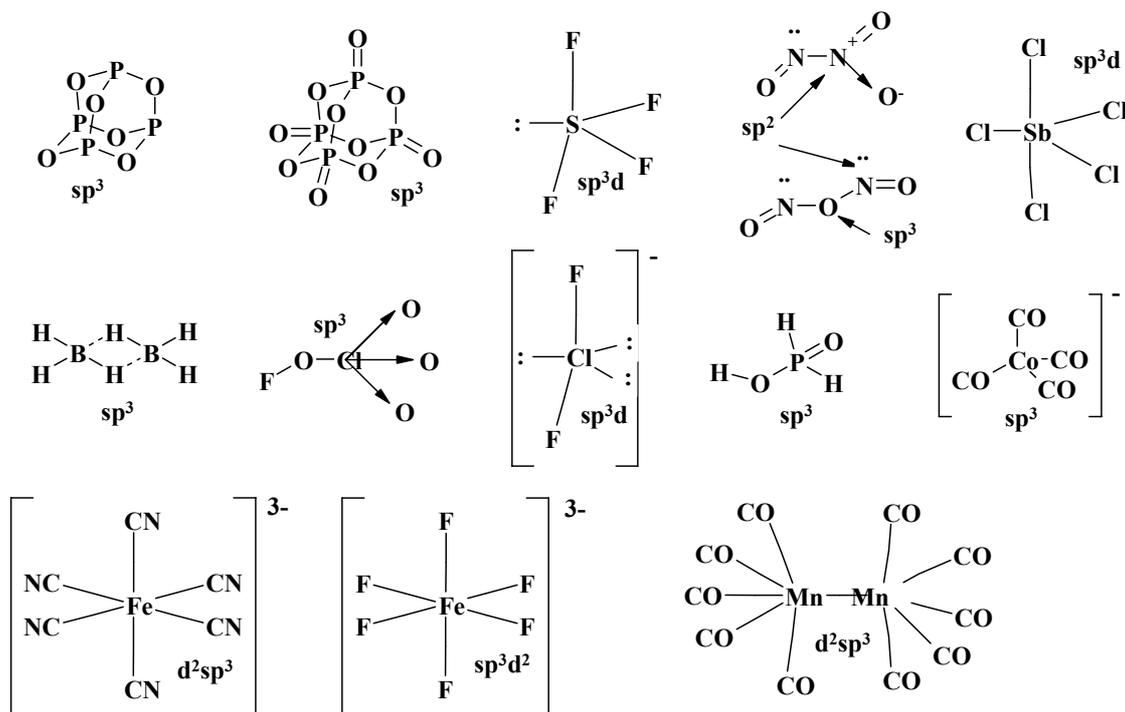
3. Синтез. Основными синтетическими трудностями при синтезе этих соединений являются:

А (аллилбромид) – получение нечётного количества атомов углерода в цепи, а также введение OH-группы в аллильное положение, В (ацетоуксусный эфир) – создание β-кетозэфирного фрагмента, С (2,6-дихлортолуол) – селективное введение двух заместителей в *o*-положения с минимальным количеством *n*-замещенных продуктов, D (3,4-динитро-4'-хлоразобензол) – получение анилина, содержащего две NO₂-группы в *o*-положении друг относительно друга. Ниже приведены возможные схемы синтеза:





4. sp^1 , sp^3 или sp^4 ?



Согласно этому, окраску могут иметь комплексы $Fe(CN)_6^{3-}$, FeF_6^{3-} .

5. Кинетика. Подсказка: для кинетического уравнения $\frac{dx}{dt} = -kx^n$ формула

для периода полупревращения имеет вид $t_{1/2} = \frac{2^{n-1} - 1}{k(n-1)x_0^{n-1}}$ (n – порядок; x_0 –

начальная концентрация).

Уравнение для периода полупревращения линейризуется следующим образом: $\ln t_{1/2} = \ln Z - (n-1) \ln x_0$, в Z включены все постоянные.

Записываем это уравнение для двух начальных концентраций, вычитаем и получаем

$$n = 1 + \frac{\ln t'_{1/2} - \ln t''_{1/2}}{\ln x_0'' - \ln x_0'}$$

Подставляем значения для первого случая (избыток В):

$$n = 1 + \frac{\ln 238 - \ln 80}{\ln 6 - \ln 2} = 1 + 0.992 \approx 2.$$

Для случая стехиометрического соотношения реагентов

$$n = 1 + \frac{\ln 10^4 - \ln 10^3}{\ln 6 - \ln 2} = 1 + 2.096 \approx 3.$$

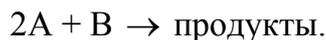
В случае избытка вещества В ЗДМ преобразуется к виду

$$v = k[A]^p[B]^q = k_z[A]^p \text{ где } k_z = k[B]^q$$

То есть в этом случае мы получаем порядок реакции по реагенту А.

В случае стехиометрического соотношения реагентов ЗДМ преобразуется к виду $v = k[A]^p[B]^q = k_z[A]^{p+q}$, где $k_z = k\rho_B^q$ (ρ_B – стехиометрический коэффициент при В). Поэтому при стехиометрическом соотношении реагентов мы определяем общий порядок реакции, а не порядок по реагенту.

Таким образом, порядок реакции равен 3, порядок по реагенту А равен 2, по В – 1. С этим согласуется схема тримолекулярной реакции



Для $n=3$ формула для полупериода имеет вид $t_{1/2} = \frac{3}{2} \frac{1}{k_3} \frac{1}{x_0^2}$. Отсюда

$$k_3 = \frac{3}{2} \frac{1}{10^3} \frac{1}{36} = 4.1 \cdot 10^{-5}.$$

В соответствии с уравнением $v = k[A]^2[B]$, и учитывая, что $[B] = 1/2[A]$ при стехиометрическом соотношении, $k = 2k_3 = 8.2 \cdot 10^{-5}$.

В случае избытка вещества В полупериод $t_{1/2} = \frac{1}{k_2} \frac{1}{x_0}$. Отсюда

$k_2 = \frac{1}{80} \frac{1}{6} = 2.08 \cdot 10^{-3}$. При этом $k_2 = k[B]$. Таким образом,

$$[B] = \frac{k_2}{k} = \frac{2.08 \cdot 10^{-3}}{8.2 \cdot 10^{-5}} = 25.4.$$

6. Титрование. См. решение задачи №2 отборочного тура за 10 класс.

ПОБЕДИТЕЛИ III-ГО ЭТАПА ВСЕУКРАИНСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

г. Харьков, 5 февраля 2007 г.

№ п/п	Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Район	Учебное заведение	Учителя, которые подготовили
1	Ткаченко Владимир Владимирович	1	11	г. Купянск	Купянская гимназия №1	Борисов Сергей Витальевич
2	Варченко Виктория Вячеславовна	1	11	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
3	Кожевин Дмитрий Анатолиевич	1	10	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
4	Дерека Богдан Андреевич	1	10	Орджоникидзевский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №80	Варавва Наталья Эдуардовна
5	Слюсарев Артем Николаевич	1	9	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
6	Фарафонов Владимир Сергеевич	1	9	Киевский	Харьковская общеобразовательная школа I-III ст. №5	Гребенюк Людмила Федоровна
7	Звягин Евгений Николаевич	1	8	Московский	Харьковская гимназия №144	Чернова Галина Алексеевна
8	Дзюба Максим Денисович	1	8	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
9	Лемишко Екатерина Николаевна	2	11	Дзержинский	Харьковская гимназия №47	Мельникова Татьяна Васильевна
10	Юрченко Антон Николаевич	2	11	Дзержинский	ХНВК „Авторская школа Бойко”	Гранкина Тамара Михайловна
11	Белобородов Дмитрий Андреевич	2	11	Коминтерновский	Харьковская гимназия №46	Кичата Елена Евгеньевна
12	Беляев Сергей Викторович	2	11	Орджоникидзевский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №80	Варавва Наталья Эдуардовна
13	Терещенко Игорь Владимирович	2	11	Дзержинский	ХНВК "Авторская школа Бойко"	Гранкина Тамара Михайловна
14	Вареников Андрей Сергеевич	2	10	Дзержинский	ХНВК "Авторская школа Бойко"	Гранкина Тамара Михайловна
15	Бондарев Даниил Геннадиевич	2	10	Дзержинский	ХНВК №45 “Академическая гимназия”	Григорович Алексей Владиславович
16	Монастирев Даниил Юрьевич	2	9	Киевский	Харьковская гимназия №55	Полозенцева Виктория Николаевна
17	Морозова Алиса Дмитриевна	2	9	Дзержинский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №99	Трушина Анна Владимировна
18	Щербина Игорь Владимирович	3	11	Октябрьский	ХФМЛ №27	Малюшина Анна Игоревна
19	Сивальнев Антон Юрьевич	3	11	Киевский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №17	Трубецкая Алла Аронивна
20	Баштенко Олег Михайлович	3	11	Дергачовский	Дергачовская общеобразовательная школа I-III ст. №1	Филатова Людмила Константиновна
21	Стронько Кирилл Михайлович	3	11	Дзержинский	ХНВК №45 „Академическая гимназия”	Пышная Мария Юльевна
22	Затылок Алексей Александрович	3	11	Дзержинский	ХНВК №45 „Академическая гимназия”	Пышная Мария Юльевна
23	Куценко Олег Анатолиевич	3	11	г. Люботин	Люботинская гимназия №1	Котляр Зоя Владимировна
24	Марьенко Наталья Ивановна	3	11	Золочевский	Золочевская общеобразовательная школа I-III ст. №3	Тесленко Ольга Григорьевна
25	Блинков Николай Андреевич	3	11	Фрунзенский	Харьковский частный НВК «Вересень»	Гостинникова Елена Николаевна
26	Мирошниченко Богдан Александрович	3	10	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
27	Гужва Андрей Александрович	3	10	Коминтерновский	Харьковская гимназия №46	Кичата Елена Евгеньевна
28	Переверзев Илья Вадимович	3	10	Дзержинский	ХНВК №45 „Академическая гимназия”	Пышная Мария Юльевна
29	Кольчицкий Виталий Валентинович	3	10	Киевский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №62	Туркина Татьяна Викторовна
30	Сараев Алексей Сергеевич	3	9	Фрунзенский	Харьковский лицей № 161 "Импульс»	Затыльниковна Наталья Николаевна

№ п/п	Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Район	Учебное заведение	Учителя, которые подготовили
31	Соболев Дмитрий Якович	3	9	Малый каразинский университет	Харьковская гимназия №47	Слета Л.А., Войлокова Т.И., Мельникова Т.В.
32	Миронова Марий Юрьевна	3	9	Киевский	Харьковская гимназия №55	Ушакова Нина Андреевна
33	Гирченко Сергей Сергеевич	3	9	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
34	Кошевой Антон Константинович	3	9	Дзержинский	Харьковская гимназия №47	Мельникова Татьяна Васильевна
35	Кравченко Александра Александровна	3	9	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
36	Онижук Антон Олегович	3	8	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна
37	Козырев Антон Викторович	3	8	г. Купянск	Купянская гимназия №3	Борисов Сергей Витальевич
38	Колодязный Дмитрий Юрьевич	3	8	Орджоникидзовский	Харьковская специализированная школа I-III ст. №80	Варавва Наталья Эдуардовна
39	Радионова Людмила Владимировна	3	8	Дзержинский	Харьковская гимназия №47	Мельникова Татьяна Васильевна
40	Лисовский Виталий Валериевич	3	8	Фрунзенский	Харьковский лицей №161 "Импульс"	Затыльников Наталья Николаевна
41	Базыль Антон Александрович	3	8	г. Купянск	Купянская гимназия №2	Борисов Сергей Витальевич
42	Шушур Виталий Юрьевич	3	8	Коминтерновский	Харьковская гимназия №46	Кичата Елена Евгеньевна
43	Кравченко Александр Сергеевич	3	8	Дзержинский	ХНБК №45 „Академическая гимназия”	Григорович Алексей Владиславович
44	Бессонов Алексей Сергеевич	3	8	Золочевский	Одноробовская общеобразовательная школа I-III ст.	Стогний Лариса Владимировна
45	Нечитайло Антон Юрьевич	3	8	Киевский	Харьковская общеобразовательная школа I-III ст. №5	Гребенюк Людмила Федоровна
46	Дыбанев Максим Александрович	3	8	Изюмский	Капитолиевская общеобразовательная школа I-III ст.	Маньковский Виктор Николаевич
47	Шарый Сергей Александрович	3	8	Октябрьский	Харьковская гимназия №39	Романова Наталья Владимировна
48	Косма Екатерина Игоревна	3	8	Киевский	Харьковская гимназия №55	Ушакова Нина Андреевна
49	Майбулат Денис Дмитриевич	3	8	Коминтерновский	Харьковский технический лицей №173	Ковалева Виктория Дмитриевна

Команда нашей области, занявшая 3 место в рейтинге, в этом году будет представлена 9 участниками. Победив на отборочном туре, право выступать на IV этапе 44-ой Всеукраинской химической олимпиады завоевали:

- 8 класс: Дзюба Максим (технический лицей №173, г. Харьков)
 Звягин Евгений (гимназия №144, г. Харьков)
 Базыль Антон (гимназия №2, г. Купянск)
- 9 класс: Фарафонов Владимир (СШ №5, г. Харьков)
 Слюсарев Артём (технический лицей №173, г. Харьков)
- 10 класс: Вареников Андрей (авторская школа Бойко, г. Харьков)
 Кожевин Дмитрий (технический лицей №173, г. Харьков)
- 11 класс: Ткаченко Владимир (гимназия №1, г. Купянск)
 Лемишко Екатерина (гимназия №47, г. Харьков)

СОДЕРЖАНИЕ

Задания 1-го тура.....	4
8 класс.....	4
9 класс.....	5
10 класс.....	6
11 класс.....	8
Решения заданий 1-го тура.....	10
8 класс.....	10
9 класс.....	12
10 класс.....	14
11 класс.....	17
Анализ работ 1-го тура.....	19
8 класс.....	19
9 класс.....	20
10 класс.....	21
11 класс.....	23
Задания 2-го тура.....	26
8 класс.....	26
9 класс.....	27
10 класс.....	28
11 класс.....	29
Решения и ответы к заданиям 2-го тура.....	32
8 класс.....	32
9 класс.....	34
10 класс.....	36
11 класс.....	39
Победители III-го этапа Всеукраинской химической олимпиады.....	44

**Колосов Максим Александрович
Ельцов Сергей Витальевич
Брылёва Екатерина Юрьевна
Логинова Лидия Павловна
Чуйко Юлия Ивановна**

**Харьковская областная химическая олимпиада 2007 года:
Задачи и решения.**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск: Колосов М.А.
Технический редактор: Ельцов С.В.

Подписано к печати 20.03.2007.
Тираж 120 экземпляров.

61077, г. Харьков, пл. Свободы 4,
Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина

