

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ  
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.М.В.ЛОМОНОСОВА

---

ГРУППА ПРИЕМА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

З А Д А Ч И   П О   Х И М И И

( МОСКОВСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОЛИМПИАДЫ )

Выпуск 5

Москва - 1988



**ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ (МОСКОВСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ  
ОЛИМПИАДЫ )    Выпуск 5.**

**В.В.Сорокин, В.В.Загорский, Д.М.Ройтерштейн, И.В.Свитанько,  
З.П.Свитанько, О.В.Архангельская, В.В.Дикополова**

**Под редакцией председателя  
методической комиссии  
Московской химической олимпиады  
канд.хим.наук, доцента  
В.В.Сорокина**

**Техническая редакция и подготовка к изданию:  
канд.хим.наук Лебедева О.К.**

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**    канд.хим.наук    С.С.Чуранов ( МГУ )  
                      канд.хим.наук    С.В.Петров    ( ВЗПИ )  
                      канд.пед.наук    Р.П.Суровлева ( МГУУ )

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	стр. 5
Раздел I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОСКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ И ОБЛАСТНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ 1986/87 уч. года С РЕШЕНИЯМИ	10
I.1. Задания районного тура Московской городской химической олимпиады	10
I.2. Решение заданий районного тура Московской городской химической олимпиады	14
I.3. Задания районного тура Московской областной химической олимпиады	22
I.4. Решения заданий районного тура Московской областной химической олимпиады	26
I.5. Задания теоретического тура Московской городской и областной химической олимпиады	33
I.6. Решения заданий теоретического тура Московской городской и областной химической олимпиады	41
Раздел II. ЗАДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ОЛИМПИАДЫ в МХТИ им. Д.И. Менделеева	54
Раздел III. ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА XXI ВСЕСОЮЗНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Решения исторического XXVII съезда КПСС и реализация реформы средней общеобразовательной и профессиональной школы выдвинули задачу совершенствования обучения и воспитания подрастающего поколения на всех ступенях, во всех сферах деятельности школьников. Подготовка учащейся молодежи к труду, к самостоятельной учебной, трудовой и общественной деятельности в условиях научно-технической революции имеет особенно важное значение в настоящее время в условиях общества развитого социализма.

Требования школьной реформы по обеспечению высокого научного уровня преподавания каждого предмета, в том числе химии, при непрерывном устранении перегрузки учащихся и чрезмерного усложнения учебного материала могут быть выполнены только путем углубления знания, с одной стороны, и их обобщения, с другой. При этом учащимся представляется возможность углубленного изучения по их выбору отдельных предметов, в частности химико-биологического цикла с помощью факультативных занятий.

При обучении химии важная роль в усвоении химических знаний и формировании практических навыков активного использования получаемых теоретических знаний отводится решению различного типа расчетных и качественных задач. Их решение как на уроках так и во внеаудиторное время на факультативах, кружках и химических олимпиадах развивает творческую самостоятельность учащихся, ориентирует их на более глубокое освоение учебного предмета, оказывает профориентационное воздействие.

Ранняя профессиональная ориентация учащихся, имеющих склонность к естественнонаучным дисциплинам, активизация внеклассной работы со школьниками по развитию их интереса к избираемой специальности и трудовой деятельности — все это задачи, решаемые в частности, с помощью таких массовых мероприятий как химические олимпиады.

Для руководства Московской городской физико-математиче-

ской и химической олимпиады создан Оргкомитет под председательством декана механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, члена-корреспондента АН СССР, профессора О.Б. Дупанова. В состав Оргкомитета входят представители Главного управления народного образования Мосгорисполкома, Московского городского института усовершенствования учителей, Учебно-методического управления МГУ, химического факультета МГУ.

Методическая комиссия московской химической олимпиады объединяет представителей Московского городского института усовершенствования учителей, Московского областного института усовершенствования учителей, химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Московского химико-технологического института имени Д.И. Менделеева, Московского института тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, Московского государственного педагогического института им. В.И. Ленина, Московского института химического машиностроения, Института элементоорганических соединений АН СССР, Московского правления Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева и Всесоюзного общества "Знание".

Традиционно химические олимпиады школьников г. Москвы и Московской области проводятся в четыре этапа.

Школьный этап является наиболее массовым, в нем участвует как правило более 100 000 школьников г. Москвы и примерно такое же количество учащихся Московской области. Основная задача сотрудников химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и сотрудников других химических вузов Москвы, участвующих в работе оргкомитета и методической комиссии московской химической олимпиады — оказание помощи учителям и методистам в подготовке комплектов заданий для школьного тура.

В проведении районного тура химической олимпиады участвует наибольшее количество как сотрудников вузов столицы, так и студентов. Так, химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова участвует в проведении олимпиады в 14 районах г. Москвы (в остальных районах в проведении олимпиады участвуют сотрудники и студенты МХТИ, МИТХТ, МПИ и МИХМа), а также во всех 53 районах Московской области, куда направляет студентов III курса и аспирантов для помощи учителям и районным методистам.

В районных центрах проводятся лекции и беседы о Московском университете, разбор заданий районного тура, раздача агитационных материалов.

Количество участников районного тура обычно составляет 10-12 тысяч школьников по г.Москве и примерно 5-6 тысяч школьников по Московской области.

Комсомольская организация химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова оказывает большую помощь в проведении районного тура олимпиады: в районе г.Москвы направляются примерно 200 студентов I курса, в районные центры Московской области - 110 студентов III курса и аспирантов. Студенты оказывают помощь районным методистам и учителям в организации проведения тура, в проверке работ школьников, проводят разбор решений задач для школьников и учителей. Особенно большое значение имеет помощь студентов и аспирантов, выезжающих в отдаленные районы Московской области.

Комплекты заданий районного тура химической олимпиады разрабатывает методическая комиссия.

Городской (областной) этап химической олимпиады проходит также по единым заданиям одновременно для школьников г.Москвы и Московской области на химическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова, в МИТХТ, ИХТИ, МТИ и МИХМе в виде теоретического тура, а затем - практического.

Единые задания теоретического тура разрабатываются методической комиссией, а задания практического тура - кафедрами химического факультета МГУ и институтами, принимающих школьников в свои лаборатории.

Задачей методической комиссии по химии является:

- а) подготовка всех методических материалов и представление их на заседании Оргкомитета;
- б) разработка и подготовка заданий районного, городского теоретического и практического туров олимпиады;
- в) выработка критериев оценки работы школьников по многобалльной системе;
- г) контроль за качеством заданий школьного тура олимпиады;

д) всестороннее обсуждение и методическая оценка использованных заданий на олимпиаде и выработка рекомендаций;

е) подготовка заданий Московской городской и областной химической олимпиады с решениями и методическими рекомендациями к публикации в виде отдельных сборников.

Последние три года большинство кафедр химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова принимают учащихся 7, 8, 9 и 10-х классов в своих лабораториях. Это кафедры общей химии (зав. кафедрой проф. Е.М.Соколовская), неорганической химии (зав. кафедрой академик В.И.Спицын), аналитической химии (зав. кафедрой академик И.П.Алимарин), органической химии (зав. кафедрой академик О.А.Реутов), высокомолекулярных соединений (зав. кафедрой чл.-корр. АН СССР, проф. В.А.Кабанов), радиохимии и химической технологии (зав. кафедрой академик В.А.Легасов), химии природных соединений (зав. кафедрой чл.-корр. АН СССР, проф. Богданов А.А.), химии нефти и органического катализа (зав. кафедрой проф. Э.А.Караханов), коллоидной химии (зав. кафедрой академик АПН СССР, проф. Е.Д.Щукин). Школьники имеют возможность познакомиться во время проведения практического тура не только с общими, но и со специальными кафедрами факультета, с современным научным и учебным оборудованием.

Торжественное закрытие Московской городской химической олимпиады и награждение победителей проходит в Актовом зале 1-го Гуманитарного корпуса МГУ. Победителям вручаются почетные грамоты от институтов и наборы библиотечек химической литературы.

В настоящем сборнике, подготовленном к изданию методической комиссией по химии оргкомитета, представлены задачи районного и городского туров Московской олимпиады 1986/87 уч.года для всех четырех параллелей классов (УП-Х), изучающих учебный предмет - химию. Кроме того, в отдельный раздел вынесены задания практического тура, которые использовались в МХТИ им. Д.И.Менделеева.

В сборнике олимпиадных задач представлены задачи теоретического тура заключительного этапа Всесоюзной химической олимпиады, подготовленные методической комиссией по химии Центрального оргкомитета. Эти материалы окажут существенную



помощь победителям Московской городской и областной химической олимпиады при подготовке к выступлениям на республиканском и всесоюзном уровнях, дадут определенную ориентировку учителям химии, ведущим внеаудиторную работу со школьниками в кружках и на факультативах.

Большой коллектив ученых-химиков, профессоров, преподавателей и научных сотрудников Московского университета и ВУЗов столицы видят свою задачу в воспитании будущих активных строителей коммунистического общества, в приобщении молодежи к глубокому и творческому изучению фундаментальных дисциплин естественно-научного цикла, в развитии у школьников интереса к окружающему их миру.

Успех и плодотворность процесса обучения химии в школе решает воспитание учащихся, опора на их несомненные силы, вера в их способности, которые помогают в еще более полной мере раскрыться олимпиады по химии.

Зам.председателя Оргкомитета Московской олимпиады  
по химии,

зам. председателя Московского правления

ВХО им. Д.И.Менделеева

Заслуженный деятель науки РСФСР,  
профессор



Е. М. СОКОЛОВСКАЯ

РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОСКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ И  
ОБЛАСТНОЙ ОЛИМПИАДЫ 1986/87 учебного года  
С РЕШЕНИЯМИ

I.I. Задания районного тура Московской городской  
химической олимпиады

I.I.I. 7 класс

- 7-1. Напишите формулы и кратко охарактеризуйте свойства известных вам оксидов, содержащихся в продуктах жизнедеятельности живых организмов, в земной коре.
- 7-2. Предложите метод разделения смеси порошков, содержащей оксид меди (II), оксид ртути (II), хлорид калия, древесный уголь.
- 7-3. При нагревании 98 г бертолетовой соли ( $\text{KClO}_3$ ) часть ее разложилась с выделением кислорода, а часть — с образованием хлорида калия и перхлората калия ( $\text{KClO}_4$ ). Определите состав твердого остатка, если выделилось 19,2 г кислорода. И в остатке нет больше  $\text{KClO}_3$ .
- 7-4. Смесь порошков серы и алюминия прокалили в токе кислорода. После окончания реакции масса смеси не изменилась. Объясните результаты эксперимента и вычислите массовые доли серы и алюминия в исходной смеси.
- 7-5. Деревянные предметы горят на воздухе. Пламя можно погасить водой. Фосфор также горит на воздухе. Можно ли его погасить водой? Что при этом будет происходить?

### I.1.2. 8 класс

- 8-1. Имеются растворы фосфорной, бромоводородной кислот, металлические свинец и цинк. Какие из перечисленных веществ следует взять для получения водорода, какие непригодны для этой цели, почему? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- 8-2. Для приготовления раствора взяли навеску вещества массой  $m$  г и воду. После растворения получен раствор объемом  $V$  см<sup>3</sup> с плотностью  $\rho$  г/см<sup>3</sup>. Предложите формулу для расчета в общем виде массовой доли исходного вещества в полученном растворе  $\omega$  %. Во всех ли случаях пригодна такая формула? Приведите примеры веществ, при растворении которых в воде можно использовать эту формулу, и примеры веществ, для которых нельзя этой формулой пользоваться.
- 8-3. Можно ли при реакции двух водных растворов получить воду, практически не содержащую растворенных веществ? Приведите уравнения возможных реакций, укажите условия их протекания. Исходные вещества в уравнениях не должны повторяться.
- 8-4. Какой объем воздуха (объемная доля кислорода 21%) необходим для полного сгорания 1 л сероводорода? Какая масса раствора с массовой долей гидроксида натрия 4% потребуется для поглощения продуктов горения? Объемы газов измерены при нормальных условиях.
- 8-5. Предскажите свойства элементарного теллура, его водородного и кислородного соединений. Напишите уравнения двух реакций, характерных для этих соединений.

1.1.3. 9 класс

9-1. Молярной концентрацией раствора называется количество вещества, растворенного в одном литре раствора. Определите молярную концентрацию раствора азотной кислоты, с которой проведен следующий эксперимент: в 150 мл раствора азотной кислоты поместили избыток металлической меди, при этом выделился бесцветный газ. После окончания реакции раствор отфильтровали, выпарили досуха, а сухой остаток прокалили при температуре  $300^{\circ}\text{C}$ . Масса вещества, оставшегося после прокаливания составила 12,0 г.

9-2. При растворении в серной кислоте вещества А образуется раствор синего цвета. Если этот раствор добавить к небольшому избытку раствора вещества Б при комнатной температуре, то образуется нерастворимое в воде вещество В светлосинего цвета. Если же добавление раствора Б проводить при  $95-100^{\circ}\text{C}$ , то выпадет черный осадок А. О каких веществах идет речь в задаче?

9-3. В склянках без этикеток находятся следующие вещества: сухие  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , карбонат кальция, сульфат бария, перманганат калия, сульфат меди,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , а также растворы иодоводородной и серной кислот. В вашем распоряжении имеется вода, индикатор и неограниченное количество чистых пробирок. Предложите план определения, в какой склянке находится каждое вещество. Напишите уравнения реакций, потребовавшихся для решения задачи.

9-4. Смесь цинка и нитрата цинка прокалили на воздухе. Её масса при этом не изменилась. Определите массовые доли компонентов в смеси.

9-5. Химический завод начинает производство водорода. Какие для этого потребуются реактивы и оборудование? При выборе способа получения учитывайте необходимость экономии материалов.

#### I.1.4. 10 класс.

- 10.1. На основе знаний о химических свойствах классов соединений предскажите поведение в химических реакциях формата (соли муравьиной кислоты) меди (II). Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- 10.2. При пропускании над активированным углем вещества А при 600°C образуется смесь изомеров Б, плотность паров которых по водороду в 3 раза больше, чем у вещества А и равна 60. При взаимодействии веществ Б и В в присутствии катализатора образуется углеводород Г, причем на образование 1 моль вещества Г затрачивается 3 моль вещества В.  
О каких веществах идет речь? Напишите уравнения упомянутых реакций.
- 10-3. Как вы, конечно, знаете, соли азотной кислоты называются нитратами, азотистой – нитритами, сероводородной – сульфидами. Нарисуйте возможные структурные формулы кислот  $\text{HN}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{HClO}_3$  и приведите названия их натриевых солей.
- 10-4. Смесь бутана и пропана – составляющих природного газа одного из месторождений – подвергли каталитическому дегидрированию с образованием смеси алкенов, затем гидратации. Сколько и каких соединений при этом получится? Какие при этом происходят реакции?
- 10-5. Поликонденсацией называется реакция полимеризации бифункциональных (содержащих две функциональные группы) мономеров, сопровождающаяся выделением воды, аммиака, спиртов и др., например:
- $$n(\text{HO}-\text{X}-\text{OH}) + n(\text{HOOC}-\text{Y}-\text{COOH}) \longrightarrow \left( \text{X}-\text{O}-\underset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{Y}-\underset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{O} \right) + n\text{H}_2\text{O}$$
- Рассчитайте максимальную теоретически возможную степень поликонденсации (количество звеньев цепи) реакции получения волокна "Лавсан" из 6,2 г. этандиола и 18,4 г. терефталевой (1,4-бензолдикарбоновой кислоты) кислоты. Почему реальная величина степени поликонденсации намного меньше?

# 1.2. РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ РАЙОННОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

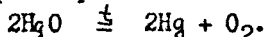
## 1.2.1. 7 класс

- 7-1. В продуктах жизнедеятельности живых организмов содержатся  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; в земной коре  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и другие.

Оксиды  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  — кислотные;  
оксид  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — амфотерный.

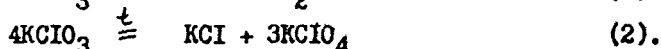
- 7-2. Помещаем смесь в стакан с водой. Древесный уголь находится на поверхности воды, с которой его можно собрать. Хлорид калия полностью растворяется. Раствор  $\text{KCl}$  отделяем от нерастворившегося остатка фильтрованием. Фильтрат выпариваем и выделяем  $\text{KCl}$ .

Нерастворившийся остаток ( $\text{HgO}$  и  $\text{CuO}$ ) прокаливаем:



При сильном нагревании ртуть улетучивается и может быть собрана конденсацией на холодном предмете. Затем ртуть нагреваем на воздухе (или используем выделившейся ранее кислород):  $2\text{Hg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} 2\text{HgO}.$

- 7-3. Составляем уравнения реакций, происходящих при нагревании бертолетовой соли:



$M(\text{KClO}_3) = 122,5$  г/моль;  $M(\text{KCl}) = 74,5$  г/моль;

$M(\text{O}_2) = 32$  г/моль;  $M(\text{KClO}_4) = 138,5$  г/моль.

Находим массу  $\text{KClO}_3$ , разложившуюся по уравнению (1):

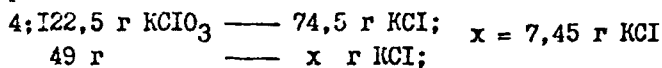
$$\begin{array}{rcl} 2 \cdot 122,5 \text{ г } \text{KClO}_3 & \xrightarrow{\quad} & 3 \cdot 32 \text{ O}_2 \\ x \text{ г } \text{KClO}_3 & \xrightarrow{\quad} & 19,2 \text{ г O}_2 \end{array} \quad x = 49 \text{ г KClO}_3.$$

При этом образовалось  $\text{KCl}$ :

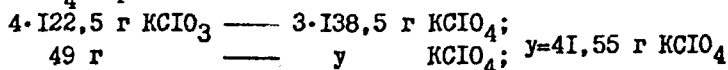
$$\begin{array}{rcl} 2 \cdot 74,5 \text{ г KCl} & \xrightarrow{\quad} & 3 \cdot 32 \text{ O}_2 \\ "y" \text{ г KCl} & \xrightarrow{\quad} & 19,2 \text{ O}_2 \end{array} \quad y = 29,8 \text{ г KCl}$$

По уравнению (2) разложилось  $98-49=49$  г  $\text{KClO}_3$ .

Образовалось  $\text{KCl}$ :



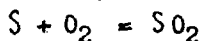
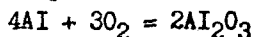
$\text{KClO}_4$  образовалось:



Состав твердого остатка:  $29,8 + 7,45 = 37,25$  г  $\text{KCl}$

$41,55$  г  $\text{KClO}_4$

- 7-4. При прокаливании в токе кислорода образуются оксид алюминия и оксид серы (IV).



В твердом остатке – только оксид алюминия, т.к. оксид серы (IV) – летучее соединение.

Массовая доля серы в исходной смеси должна быть равна массовой доле кислорода в оксиде алюминия, т.к. масса  $\text{Al}_2\text{O}_3$  равна массе исходной смеси

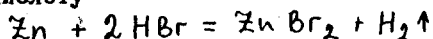
$$\omega(\text{S}) = \frac{3 \cdot 16}{2 \cdot 27 + 3 \cdot 16} = 0,4706 \text{ или } 47,06\%$$

Массовая доля алюминия  $100 - 47,06 = 52,94\%$ .  $[\omega(\text{Al})]$

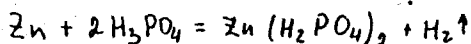
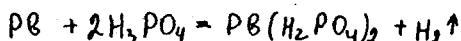
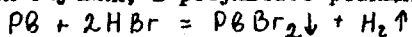
- 7-5. Фосфор нельзя погасить малым объемом воды, так как он может в этих условиях реагировать с водой (фосфор соединяется с кислородом, содержащимся в молекуле воды). Большим объемом воды фосфор может быть погашен. При этом происходит значительный отвод теплоты, и температура становится ниже температуры воспламенения фосфора.

### I.2.2. 8 класс

- 8-1. Для получения водорода лучше всего взять цинк и бромоводородную кислоту



В остальных случаях, в результате реакций



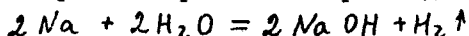
образуются менее растворимые соли. Поэтому реакция начинается, а затем практически прекращается вследствие покрытия гранулы металла малорастворимой солью.

- 8-2. Формула для расчета массовой доли вещества в растворе:

$$\omega(\%) = \frac{m \text{ (в-ва)}}{\rho \cdot V \text{ (раствора)}} \cdot 100\%$$

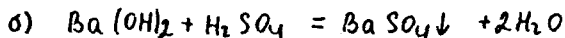
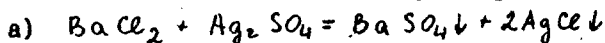
Эту формулу можно использовать для расчета массовой доли в растворе, например таких веществ как  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и др.

Формула не пригодна для веществ, которые при растворении в воде с ней химически взаимодействуют. Например, при растворении натрия в воде происходит реакция:



Масса раствора при этом уменьшается за счет выделения водорода; в растворе находится не исходный металл, а его гидроксид —  $\text{NaOH}$ .

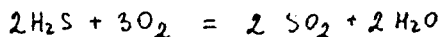
- 8-3. Можно. Например при взаимодействии растворов:



Вещества в растворах следует брать в строго эквивалентных соотношениях. Вода, получающаяся в этих случаях, практически не содержит растворенных веществ вследствие их малой растворимости.



8-4. Уравнение происходящей реакции:

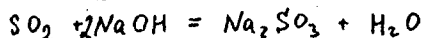


Для сгорания 1 л  $\text{H}_2\text{S}$  требуется 1,5 л  $\text{O}_2$  или

$$1,5 : 0,21 = 7,15 \text{ л воздуха}$$

Выделится 1 л  $\text{SO}_2$  или  $1 : 22,4 = 0,0447$  моль  $\text{SO}_2$ .

Для поглощения  $\text{SO}_2$  по реакции:



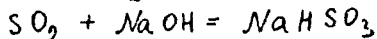
потребуется  $2 \cdot 0,0447 = 0,0894$  моль или

$$0,0894 \cdot 40 = 3,58 \text{ г NaOH.}$$

При этом 4%-ного раствора NaOH потребуется

$$\frac{3,58}{0,04} = 89,4 \text{ г}$$

Для поглощения  $\text{SO}_2$  по реакции:



необходимо взять 44,7 г 4%-ного раствора NaOH.

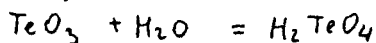
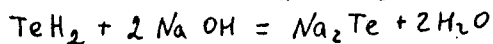
8-5. Теллур – твердый неметалл, возможен блеок, может быть полупроводником.

Водородное соединение –  $\text{TeH}_2$  летучее, легко сжимаемое.

Водный раствор – слабая кислота.

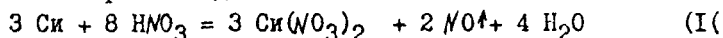
Высший оксид  $\text{TeO}_3$  – кислотный. Это твердое вещество, нестойкое к нагреванию.

Характерные реакции для  $\text{TeH}_2$  и  $\text{TeO}_3$ :



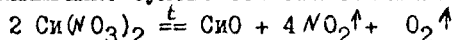
### I.2.3. 9 класс

9-1. Растворение меди в азотной кислоте:



т.к. известно, что выделился бесцветный газ (NO).

Прокаливание сухого состава остатка:



$$\nu(\text{СиO}) = \frac{m}{M} = \frac{12}{80} = 0,15 \text{ моль. Следовательно, про-}$$

реагировало по реакции (I) 0,15 моль Си и 0,4 моль HNO<sub>3</sub>.

Рассчитываем молярную концентрацию раствора HNO<sub>3</sub>:

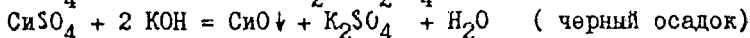
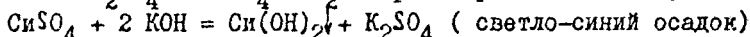
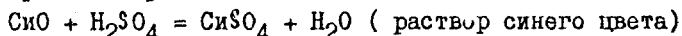
$$C(\text{HNO}_3) = \frac{n}{V} = \frac{0,4}{0,15} = 2,67 \text{ моль/л}$$

9-2. Вещества: А - СиО

Б - любая щелочь, например, КОН

В - Си(OH)<sub>2</sub>

Уравнения реакций:



9-3. По цвету раствора (синий) отличается СиSO<sub>4</sub>. С помощью индикатора отличаются растворимые в воде и подвергающиеся гидролизу AlCl<sub>3</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. IO H<sub>2</sub>O.

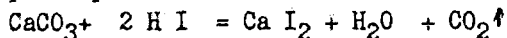
Раствор AlCl<sub>3</sub> - среда кислая, раствор Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - среда щелочная.

KMnO<sub>4</sub> отличается по цвету твердого вещества (черный)

или по цвету раствора (фиолетовый).

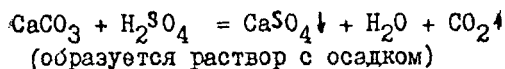
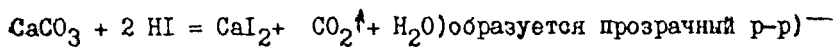
CaCO<sub>3</sub> и BaSO<sub>4</sub> - в воде не растворимы. Различаются по растворимости в кислотах.

CaCO<sub>3</sub> растворим в кислотах с выделением газа

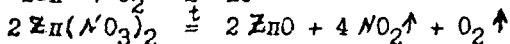
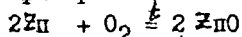


BaSO<sub>4</sub> в кислотах не растворим.

HI отличается от H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, например, по реакции с CaCO<sub>3</sub>



9-4. При прокаливании происходят реакции:



$$M_r(\text{Zn}) = 65; \quad M_r(\text{ZnO}) = 81; \quad M_r(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 189$$

Пусть масса цинка в смеси  $m_1$  граммов, а масса нитрата цинка  $m_2$  граммов. При окислении  $\text{Zn}$  образуется

$(81:65) m_1$  г.  $\text{ZnO}$ . При разложении нитрата цинка получается

$(81:189) m_2$  г.  $\text{ZnO}$ . По условию задачи масса смеси

после прокаливании не изменяется, следовательно:

$$1,24 m_1 + 0,43 m_2 = m_1 + m_2$$

$$\text{Откуда: } m_1 = 2,36 m_2$$

Таким образом массовая доля нитрата цинка в смеси равна:

$$\frac{m_2}{m_2 + 2,37 m_2} = 0,296 \text{ или } 29,6 \%$$

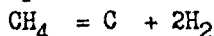
Массовая доля цинка 70,4 %

9-5. Водород получается в промышленности одним из следующих способов:

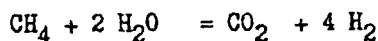
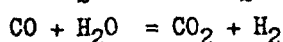
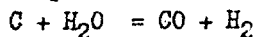
а) электролиз раствора  $\text{NaCl}$

б) Электролиз воды в присутствии электролита

в) нагревание метана до высокой температуры



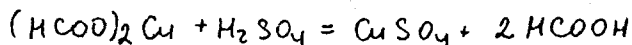
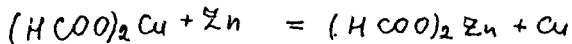
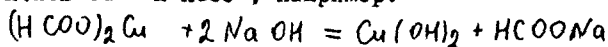
г) конверсионными способами



д) глубоким охлаждением (до  $-196^\circ\text{C}$ ) коксового газа

#### I.2.4. 10 класс

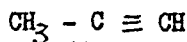
10-1. Формиат меди вступает в реакции, характерные для солей, т.е. ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{HCOO}^-$ , например:



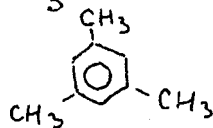
гидролиз  $(\text{HCOO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{HCOO})\text{CuOH} + \text{HCOOH}$

термическое разложение  $(\text{HCOO})_2\text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{CO}_2\uparrow + \text{CO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

10-2. Вещества А - метилацетилен;

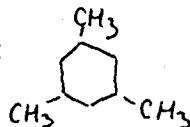


Б - 1,3,5-триметилбензол  
(мезитилен  
и изомеры)



В - водород  $\text{H}_2$

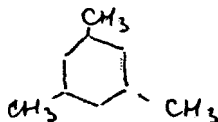
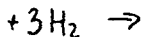
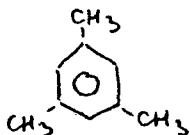
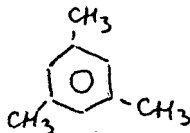
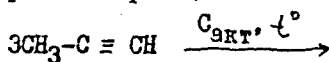
Г - 1,3,5-триметилциклогексан  
(и изомеры)



$$M_2(\text{Б}) = 60 \cdot 2 = 120$$

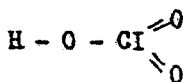
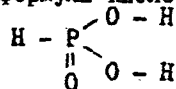
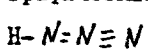
$$M_2(\text{А}) = 40.$$

Уравнения реакций:



10-3. Кислоты:  $\text{HN}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{HClO}_3$ .

Графические формулы кислот:



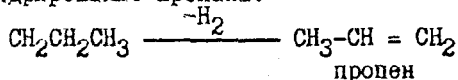
Натриевые соли кислот:

$\text{NaN}_3$  - азид натрия;

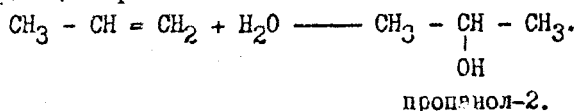
$\text{Na}_2\text{HPO}_3$  - фосфит натрия;

$\text{NaClO}_3$  - хлорат натрия.

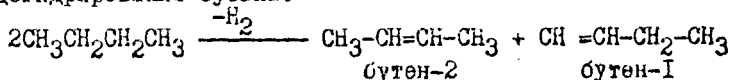
10-4. Дегидрирование пропана:



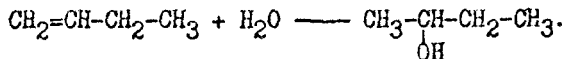
Гидратация пропена:



Дегидрирование бутана:



При гидратации бутена-1 и бутена-2 получается бутанол-2



10-5. Количество вещества этандиола (6,2 : 62) = 0,1 моль,  
а количество вещества терефталевой кислоты (18,4 : 172) =

= 0,107 моль, т.е. терефталевая кислота в избытке.

Расчет ведем по этандиолу (вещество в недостатке):

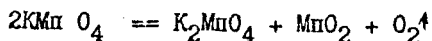
0,1 моль этандиола содержит  $0,1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{22}$  молекул, следовательно, максимально возможная степень поликонденсации равна  $6,02 \cdot 10^{22}$ .

Реальная величина степени поликонденсации намного меньше, т.к. одновременно зарождается не одна, а много цепей и образуется много молекул; выход полимера в реакциях поликонденсации может быть менее 100%.

### 1.3. ЗАДАНИЯ РАЙОННОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

#### 1.3.1. 7 класс

- 7-1. Напишите формулы и кратко охарактеризуйте свойства известных вам оксидов, содержащихся в воздухе. Какие из них находят применение в производстве строительных материалов?
- 7-2. Предложите метод разделения смеси порошков, содержащей медь, серу, оксид железа (III), хлорид натрия.
- 7-3. При длительном нагревании 35 г смеси перманганата калия с оксидом марганца (IV) её масса уменьшается на 3,2 г. Определите состав исходной смеси, если известно, что разложение перманганата калия протекает по схеме:



- 7-4. Смесь порошков магния и графита прокалили в токе кислорода. После окончания реакции масса смеси не изменилась. Объясните результат эксперимента и определите массовые доли графита и магния в исходной смеси.
- 7-5. Деревянные предметы горят на воздухе. Огонь можно погасить водой. Сера также горит на воздухе. Можно ли ее погасить водой? Что при этом будет происходить?

### I.3.2. 8 класс

- 8-1. Имеются растворы фосфорной, хлороводородной кислот, металлические медь и магний. Какие из перечисленных веществ следует взять для получения водорода, какие непригодны для этой цели, почему? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- 8-2. Водный раствор объемом  $V$  см<sup>3</sup> и плотностью  $\rho$  г/см<sup>3</sup> с массовой долей растворенного вещества  $\omega$  % упаривали до выделения всего растворенного вещества. Предложите формулу для расчета в общем виде массы выделившегося вещества  $M$  г. Приведите примеры (не более двух) веществ, для которых пригодна эта формула.
- 8-3. Напишите примеры уравнений химических реакций (не более 5), в каждом из которых были бы представители всех четырех классов неорганических веществ. Исходные вещества в уравнениях не должны повторяться более двух раз.
- 8-4. Какой объем воздуха (объемная доля кислорода 21%) необходим для полного сгорания 1 л ацетилена? Какая масса раствора с массовой долей гидроксида натрия 4% потребуется для поглощения продуктов горения? Объемы газов измерены при нормальных условиях.
- 8-5. Предскажите свойства элементарного индия, его водородного и кислородного соединений. Напишите уравнения двух реакций, характерных для этих соединений.

### I.3.3. 9 класс

- 9-1. Молярной концентрацией раствора называется количество вещества, содержащегося в одном литре раствора. Определите молярную концентрацию раствора серной кислоты, если 100,0 мл его при обработке избытком раствора хлорида бария образуют 23,3 г осадка. Приведите уравнение происходящей реакции.
- 9-2. При растворении в серной кислоте вещества А образовался раствор синего цвета. Если этот раствор при комнатной температуре добавить к небольшому избытку раствора вещества Б, выпадет осадок вещества В светло-синего цвета. При нагревании В переходит в черный осадок Л. О каких веществах идет речь в задаче? Напишите уравнения описанных реакций.
- 9-3. В склянках без этикеток находятся следующие вещества: сухие нитрат серебра, сульфид натрия, хлорид кальция, порошки серебра и алюминия, а также раствор соляной кислоты и концентрированная азотная кислота. В Вашем распоряжении имеется вода и любое количество чистых пробирок. Предложите план определения, в какой склянке находится каждое из веществ. Напишите уравнения реакций, которые потребуются провести для решения задачи.
- 9-4. Смесь меди и нитрата меди прокалили на воздухе. Её масса при этом не изменилась. Определите массовые доли компонентов в смеси.
- 9-5. Химический завод начинает производство хлора. Какие потребуются для этого реактивы и оборудование? При выборе способа получения учитывайте необходимость экономии материалов. Если наряду с хлором образуются побочные продукты, укажите, как их можно использовать.



### I,3,4. IO класс.

IO-1. На основе знаний о химических свойствах классов соединений, предскажите поведение в химических реакциях сульфата железа (II). Ответ подтвердите уравнениями химических реакций.

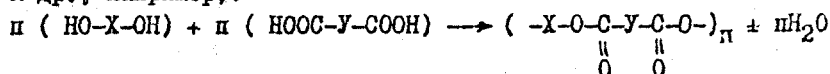
IO-2. При пропускании над активированным углем вещества А при 600°C образуется смесь изомеров Б, плотность паров которых по водороду в 3 раза больше, чем у вещества А и равна 60. При взаимодействии веществ Б и В в присутствии катализатора образуется углеводород Г, причем на образование 1 моль вещества Г затрачивается 3 моль вещества В.

О каких веществах идет речь? Напишите уравнения упомянутых реакций.

IO-3. Как вы, конечно, знаете, соли азотной кислоты называются нитратами, азотистой – нитритами, сероводородной – сульфидами. Нарисуйте графические формулы кислот  $H_2Te$ ,  $H_2MnO_4$ ,  $H_2SeO_3$  и назовите их натриевые соли.

IO-4. Смесь бутана и пропана – составляющих природного газа одного из месторождений – подвергли каталитическому дегидрированию с образованием смеси алкенов, затем гидратации. Сколько и каких соединений при этом получится? Какие при этом происходят реакции?

IO-5. Поликонденсацией называется реакция образования полимера из бифункциональных (содержащих две функциональные группы) мономеров, сопровождающаяся выделением воды, аммиака, спирта и др., например,:



Рассчитайте максимальную теоретически возможную степень поликонденсации ( количество звеньев цепи ) реакции получения волокна "Лавсан" из 6,2 г глицерола и 18,4 г терефталевой кислоты (1,4-бензолдикарбоновой кислоты). Почему реальная величина степени поликонденсации намного меньше?

# 1.4. РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ РАЙОННОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

## 1.4.1. 7 класс

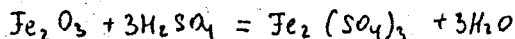
7-1. В воздухе содержатся, например,  $H_2O$ ,  $CO_2$ . В районе промышленных предприятий воздух содержит оксиды  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$  и другие.

В производстве строительных материалов используют, например  $H_2O$ .

При отвердевании цемента происходит поглощение  $CO_2$ .

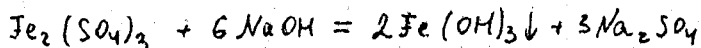
Оксиды  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$  обладают кислотными свойствами; оксид  $CO$  — несолеобразующий.

7-2. Помещаем смесь в сосуд с водой. Сера находится на поверхности, с которой ее можно собрать. Хлорид натрия растворяется в воде. Раствор фильтруем, упариваем и выделяем  $NaCl$ . Нерастворившийся остаток ( $Fe_2O_3$ ,  $Si$ ) обрабатываем раствором серной или соляной кислоты:

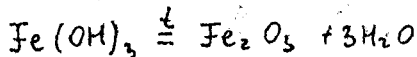


Медь в этих кислотах не растворяется, ее отделяем фильтрованием.

К полученному раствору  $Fe_2(SO_4)_3$  прибавляем раствор щелочи:



Выпавший осадок прокаливает и получаем  $Fe_2O_3$ :



7-3. Уравнение реакции:



$$M_r(KMnO_4) = 158$$

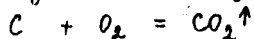
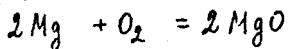
$$M_r(O_2) = 32$$

По условию масса смеси уменьшается на 3,2 г. Следовательно, выделяется 3,2 г кислорода и разлагается

$$\frac{2 \cdot 158 \cdot 3,2}{32} = 31,6 \text{ г } KMnO_4$$

При условии полного разложения перманганата калия исходная смесь содержит 31,6 г  $\text{KMnO}_4$  и  $(35-31,6)=3,4$  г  $\text{MnO}_2$ .

- 7-4. В данных условиях образуются оксид магния и оксид углерода (IV):



$\text{CO}_2$  — улетучивается, остается  $\text{MgO}$ . По условию, масса  $\text{MgO}$  равна массе исходной смеси, следовательно массовая доля графита в исходной смеси равна массовой доле кислорода в оксиде магния:

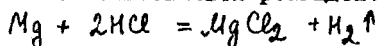
$$\omega(\text{C}) = \frac{16}{24 + 16} \times 100\% = 40\%.$$

Массовая доля магния:  $100 - 40 = 60\%$ .

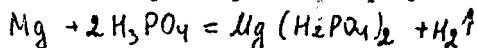
- 7-5. Горящую серу можно погасить избытком воды, т.к. при этом происходит значительный отвод теплоты и температура становится ниже температуры воспламенения серы.

#### I.4.2. 8 класс

- 8-1. Лучше всего воспользоваться реакцией:



Реакция магния с  $\text{H}_3\text{PO}_4$  протекает медленно, вследствие значительно меньшей растворимости образующейся соли



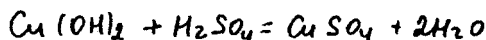
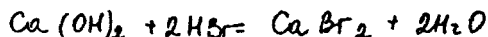
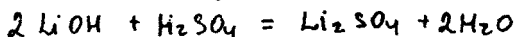
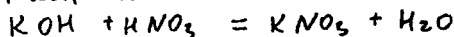
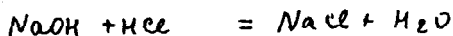
Медь с данными кислотами не реагирует.

- 8-2. Формула для расчета массы вещества, выделившегося после упаривания раствора:

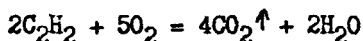
$$m = \frac{\rho \cdot V \cdot \omega}{100\%}$$

Ее можно использовать для расчета массы, например  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

8-3. Примеры уравнений возможных химических реакций:



8-4. Уравнение реакции горения ацетилен:

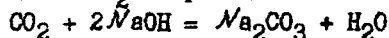


Для сгорания 1 л ацетилена требуется 2,5 л  $O_2$  или

2,5 : 0,21 = 11,9 л воздуха.

Выделяется 2 л  $CO_2$  или 2:22,4 = 0,0893 моль  $CO_2$ .

Для поглощения  $CO_2$  по реакции

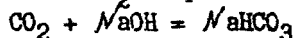


требуется 2·0,0893 = 0,1786 моль  $NaOH$  или 0,1786·40 = 7,14 г  $NaOH$ .

При этом 4%-ного раствора  $NaOH$  потребуется

$$7,14 : 0,04 = 178,6 \text{ г.}$$

Для поглощения  $CO_2$  по реакции

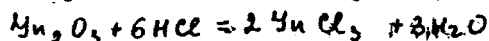
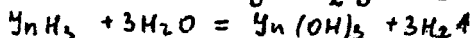


необходимо взять 83,3 г раствора с массовой долей  $NaOH$  4%.

8-5. Индий - серебристо белый, мягкий металл. Водородное соединение -  $InH_3$  - твердое вещество.

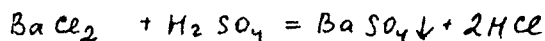
Кислородное соединение  $In_2O_3$  - твердое вещество, устойчивое к нагреванию.

Характерные реакции для  $InH_3$  и  $In_2O_3$ , например:



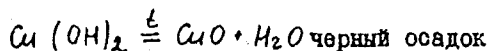
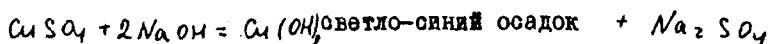
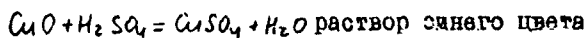
I.4.3. 9 класс

9-1. Уравнение реакции:



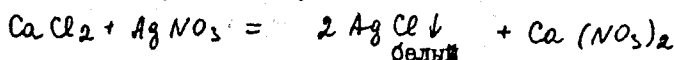
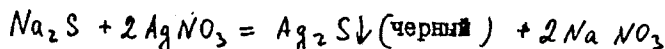
$M(\text{BaSO}_4) = 233$  г/моль. Количество вещества  $\text{BaSO}_4$ , выпавшего в осадок, равно  $(23,3:233) = 0,1$  моль. Из уравнения реакции следует, что прореагировало 0,1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , которая содержалась в 100 мл раствора. В 1 л раствора содержится 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Поэтому молярная концентрация раствора серной кислоты  $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$  моль/л.

9-2. Вещества А -  $\text{CuO}$ , Б - щелочь, например  $\text{NaOH}$ , В -  $\text{Cu(OH)}_2$   
Уравнения реакций:

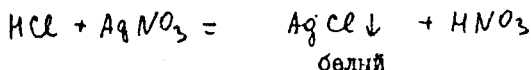


9-3. Соли  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$  растворяют в воде и растворы различают следующим образом:

	$\text{Na}_2\text{S}$	$\text{AgNO}_3$	$\text{CaCl}_2$	
$\text{Na}_2\text{S}$	×	черный осадок		один осадок
$\text{AgNO}_3$	черный осадок	×	белый осадок	два осадка
$\text{CaCl}_2$		белый осадок	×	один осадок



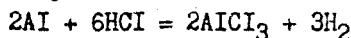
Растворы  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  различают по реакции с раствором  $\text{AgNO}_3$ :



(Раствор  $\text{HNO}_3$  с  $\text{AgNO}_3$  осадка не образует).

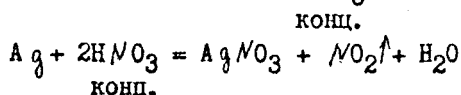
Алюминий и серебро отличаются по реакциям с кислотами.

Алюминий растворится только в  $\text{HCl}$ :

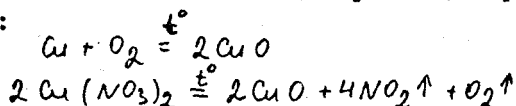


а в концентрированной  $\text{HNO}_3$  алюминий пассивируется.

Серебро растворяется только в  $\text{HNO}_3$ :



- 9-4. При прокаливании смеси меди и нитрата меди происходят реакции:



$$M(\text{Cu}) = 64, M(\text{CuO}) = 80, M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188$$

Пусть масса меди в смеси  $m_1$  г

и масса нитрата меди  $m_2$  г

При окислении меди образуется  $(80:64)m_1$  г  $\text{CuO}$ .  $= 1,25 m_1$

При разложении нитрата меди получается  $(80:188)m_2$  г  $\text{CuO}$ .

По условию задачи масса смеси после прокалывания не изменилась, поэтому

$$1,25 m_1 + 0,435 m_2 = m_1 + m_2$$

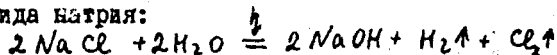
откуда  $m_1 = 2,26 m_2$

Таким образом, массовая доля нитрата меди в смеси равна:

$$\frac{m_2}{m_2 + 2,26 m_2} = 0,3067 \text{ или } 30,67\%$$

Массовая доля меди 69,33%.

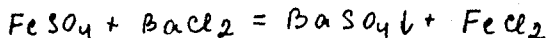
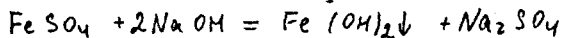
- 9-5. Хлор можно получать, например электролизом водного раствора хлорида натрия:



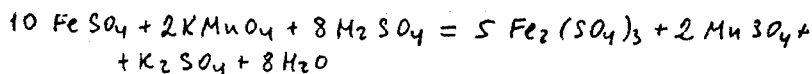
Сырьем является соль  $\text{NaCl}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , оборудование - электролизер. Получаемые при электролиза побочные продукты - щелочь  $\text{NaOH}$  и водород являются целевыми.

# I.4.I. IO класс

IO-I. Сульфат железа (II) вступает в реакции, характерные для солей (т.е. ионов  $Fe^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$ ), например:



Термическое разложение:  $FeSO_4 \xrightarrow{t} Fe_2O_3 + SO_2 \uparrow + SO_3$   
 окисление сульфата железа:



IO-2. Вещества А - ацетилен  $HC \equiv CH$

Б - бензол



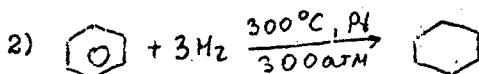
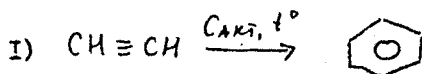
В - водород  $H_2$

Г - циклогексан



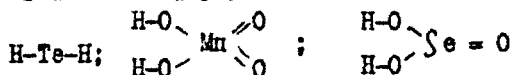
$M_r(B) = 78$ ,  $M_r(A) = 26$

Уравнение реакций:



IO-3. Кислоты  $H_2Te$ ,  $H_2MnO_4$ ,  $H_2SeO_3$

Графические формулы кислот:



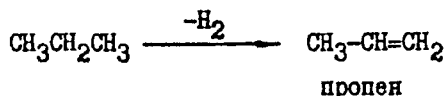
Натриевые соли кислот:

$Na_2Te$  - теллурид натрия;

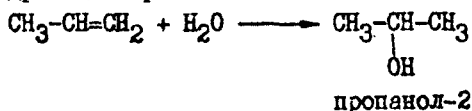
$Na_2MnO_4$  - марганат натрия;

$Na_2SeO_3$  - селенит натрия.

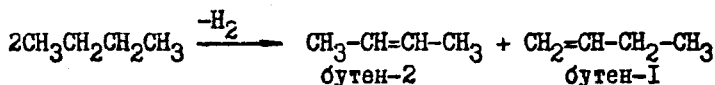
10-4. Дегидрирование пропана:



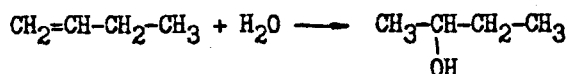
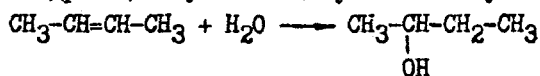
Гидратация пропена:



Дегидрирование бутана:



При гидратации бутена-1 и бутена-2 получается бутанол-2



10-5. Количество вещества этандиола  $6,2 : 62 = 0,1$  моль, а количество вещества терефталевой кислоты  $18,4 : 172 = 0,107$  моль, т.е. терефталевая кислота в избытке. Расчет ведем по этандиолу (вещество в недостатке).

$0,1$  моль этандиола содержит  $0,1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{22}$  молекул. Следовательно, максимально возможная степень поликонденсации равна  $6,02 \cdot 10^{22}$ .

Реальная величина степени поликонденсации намного меньше т.к. одновременно зарождается не одна, а много цепей, и образуется много молекул; выход полимера в реакциях поликонденсации может быть менее 100%.



I.5. ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ  
И ОБЛАСТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

I.5.I. 7 класс

7-I. В каждом вопросе предлагаемого задания содержится один правильный ответ. Вам необходимо ознакомиться с каждым вопросом и выбрать этот правильный ответ.

I. Почему речной песок желтого цвета, в то время как его основной компонент, оксид кремния(IV) – бесцветное вещество?

- а) потому что он влажный,
- б) из-за примеси оксидов железа,
- в) потому что он содержит серу,
- г) из-за примеси сурика ( $Pb_3O_4$ ).

2. Какой из газов самый тяжелый?

- а)  $SF_6$  , б)  $SO_2$  , в)  $H_2S$  , г)  $Kr$

3. В лаборатории оксид углерода (IV) получают в аппарате Киппа взаимодействием раствора соляной кислоты с карбонатом кальция. Почему его нельзя заменить карбонатом натрия?

- а) карбонат натрия не реагирует с соляной кислотой,
- б) карбонат натрия растворим в воде,
- в) карбонат натрия бурно реагирует с соляной кислотой,
- г) карбонат натрия нерастворим в воде.

4. Какое из соединений наиболее целесообразно применять в качестве азотных удобрений? (Стоимость всех приведенных соединений предполагается одинаковой.)

- а)  $Ca(NO_3)_2$  , б)  $KNO_3$  в)  $NH_4NO_3$  , г)  $NaNO_3$

5. Массовая доля кислорода в воде (89%) значительно выше, чем в воздухе (23%). Почему же человек не может использовать для дыхания воду?

- а) в воде кроме кислорода содержится водород,
- б) вода имеет очень большую теплоемкость,
- в) кислород в воде находится в химически связанной форме,
- г) вода жидкая.

6. Водород получается при разложении:
- а)  $\text{H}_2\text{S}$ , б)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,
7. Почему вентили баллонов со сжатым кислородом нельзя смазывать маслом?
- а) кислород растворим в масле,
  - б) кислород будет загрязняться парами масла,
  - в) потому что кислород находится в баллоне под давлением,
  - г) масло реагирует со сжатым кислородом со взрывом.
8. Для осушения некоторых газов их пропускают через склянку с оксидом фосфора (V). Почему вслед за этой склянкой обычно ставят вторую, наполненную твердой щелочью?
- а) такая система позволяет осушать любые газы,
  - б) такое соединение склянок увеличивает общий объем системы,
  - в) щелочь и оксид фосфора (V) нельзя держать в одной склянке,
  - г) щелочь поглощает пары оксида фосфора (V).
9. Широкоизвестное железоорганическое соединение ферроцен, имеющее формулу  $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$  при сгорании в кислороде образует:
- а)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO}_2$ ; Fe      в)  $\text{CH}_4$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;
  - б)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;    г)  $\text{FeO}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CO}_2$ .
10. Почему пламя свечи коптит, а пламя водородной горелки — нет?
- а) в состав парафина входит углерод,
  - б) температура пламени водородной горелки выше, чем пламени свечи,
  - в) так как водород подается в горелку под давлением,
  - г) у водорода маленькая относительная молекулярная масса.

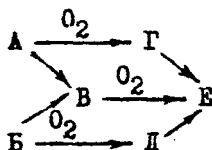
7-2. Космический корабль потерпел аварию и совершил посадку на неизвестную планету. Командир корабля поручил одному из космонавтов определить состав атмосферы. В распоря-

жении космонавта оказались лишь яблоко, малахитовая шкатулка и немного известковой воды. Он установил, что разрезанное яблоко не изменяется в атмосфере планеты, известковая вода не мутнеет, а при нагревании малахита образуется красный порошок. К какому выводу пришел космонавт и почему?

- 7-3. Химический анализ соединения азота с водородом, имеющего относительную молекулярную массу 32, показал, что массовая доля азота в соединении равна 66%. Докажите, что результаты анализа неверны.
- 7-4. Над 16,8 г раскаленных докрасна железных опилок пропускали водяной пар. Все опилки прореагировали полностью. Масса одного из продуктов реакции – водорода составила 0,8 г. Определите формулу второго продукта реакции.
- 7-5. В трех пробирках находятся: вода, раствор хлорида натрия, раствор пероксида водорода. Как различить эти вещества, используя только один реактив и любое лабораторное оборудование?
- 7-6. Один из методов очистки азота от примеси кислорода заключается в пропускании смеси газов над нагретым кирпичом, на поверхность которого нанесен тонкий слой металлической меди. На чем основывается такой метод очистки? Предложите способ нанесения тонкого медного покрытия на поверхность пористого кирпича. В качестве исходного соединения меди используйте медный купорос или другие соединения по вашему выбору.

I.5.2. 8 класс

- 8-1. Какие из перечисленных ниже веществ могут реально существовать в виде отдельных молекул:  $K_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $KCl$ ,  $KClO_3$ ? Укажите условия существования перечисленных веществ в молекулярном виде, объясните причины различия этих условий.
- 8-2. При растворении 5,38 г кристаллогидрата сульфата цинка  $ZnSO_4 \cdot \underline{x} H_2O$  в 92 см<sup>3</sup> воды получен раствор с массовой долей сульфата цинка 0,0331. Установите состав кристаллогидрата (значение  $\underline{x}$ ).
- 8-3. Простые вещества А и Б способны реагировать между собой, образуя вещество В, а также гореть в кислороде образуя соответственно вещества Г и Д. Продукты их сгорания реагируют между собой, причем в отсутствие воды при реакции веществ Г и Д получается только одно вещество Е, которое может получаться также при окислении вещества В. Предложите вещества А и Б, лучше всего соответствующие условию данной задачи. Схема реакций:



- 8-4. В запаянной колбе объемом 1 л, содержащей воздух (давление 1000 Па при 0°C), несколько суток прокачивали при 900°C 10 г медных опилок. Какое давление будет в колбе после охлаждения до 0°C? Что можно сказать о составе газообразного и твердого содержимого колбы? Объемом твердых веществ пренебречь. Как изменится решение, если вместо меди взять 10 г магния? 10 г. ртути?
- 8-5. Вещества А и Б бурно реагируют между собой с образованием продукта В. При обработке В оксидом углерода (IV) выделяется вещество Б и получается продукт Г, содержащий

8,14% углерода и 32,5% кислорода. Определите вещества, напишите уравнения реакций.

- 8-6. Предложите простейший химический способ определения содержания бромидов рубидия и цезия в их смеси.

### I.5.3. 9 класс

- 9-1. При электролизе 1 кг 10%-ного раствора хлорида натрия выделилось 11,2 л хлора (н.у.). Определите, какие вещества находятся в растворе после электролиза и каковы их массовые доли. Какой фразой необходимо дополнить условие задачи, чтобы ответ был однозначен? растворимость хлора можно пренебречь.
- 9-2. Некоторый газ А, являющийся простым веществом, реагирует с водородом в присутствии катализатора, образуя вещество Б, которое можно в несколько стадий превратить в бесцветную жидкость В, обладающую кислотными свойствами. При взаимодействии Б с В образуется белое твердое вещество Г, легко разлагающееся при нагревании с выделением газа Д. Газ Д реагирует с продуктом взаимодействия Б и металлического натрия (Е), образуя при этом соль Ж, хорошо растворимую в воде и содержащую 64,6% азота. О каких веществах идет речь? Напишите уравнения соответствующих реакций.
- 9-3. Два образца белых порошков массой по 9,0 г растворили в воде, каждый в отдельной колбе. При этом из колб выдѣлилось по 22,4 г горючего газа (н.у.). Анализ полученных водных растворов показал, что они представляют собой растворы одной и той же щелочи количеством вещества 1,0000 моль в одной колбе и 1,0417 моль — в другой. Что представляют собой исходные порошки? Объясните результаты эксперимента.
- 9-4. При пропускании водорода над нагретой смесью металла с его оксидом был получен только металл.  
Продукт реакции растворили в разбавленной сер-

ной кислоте. Объем выделившегося при этом водорода равен объему водорода, пошедшего на восстановление исходной смеси (объемы измерены при одинаковых условиях). Какие металлы и оксиды удовлетворяют условию задачи? Приведите примеры таких смесей, рассчитайте в этих примерах молярного соотношения металла и его оксида.

9-5. Приведите примеры (не более 4) реакций кислорода с некоторыми веществами, в результате которой выделяется свободный металл.

9-6. Для применения ЭВМ в решении химических задач необходимо составить алгоритм, т.е. вывести общую формулу для решения определенного типа задач. Выведите общую формулу расчета массы продукта С, зная массу вещества А, для цепочки химических превращений:



где а, в, к, с – известные коэффициенты, А, В, С – известные вещества, т.е. известны их относительные молекулярные массы. Какой вид будет иметь полученная формула для произвольного числа стадий в цепочке химических уравнений?

#### I.5.4. 10 класс

10-1. Представьте себя директором химического завода, выпускающего серную кислоту. Вам необходимо выпустить партию уксусной кислоты с невысокими требованиями к чистоте продукта. Руководствуясь экономическим и экологическим факторами – требованиями уменьшения себестоимости продукции и объема сточных вод – определите, какое дополнительное оборудование и химическое сырье Вам необходимо заказать. Ответ обоснуйте уравнениями химических реакций с указанием условий их проведения.

10-2. При охлаждении смеси органических соединений А и Б из-

бытком подкисленного раствора перманганата калия выделяется оксид углерода (IV) и образуется беловатое кристаллическое вещество В, образующее бензол при нагревании с гидроксидом натрия. Определите качественный и количественный состав смеси А и Б, если известно, что количество гидроксида натрия, необходимое и достаточное для поглощения выделившегося при окислении газа, равно 0,25 количества, пошедшего на превращение в бензол вещества В. При реакции исходной смеси с хлором на свету могут образоваться только три монохлорпроизводных углеводов.

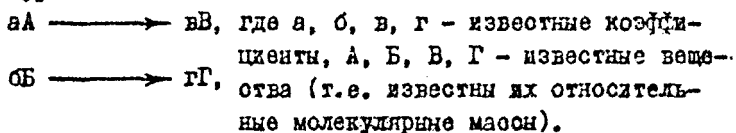
10-3. Железный котел обогревается открытым пламенем. В каком случае котел прогорит быстрее - при сжигании в горелке метана или бутана? От каких факторов это зависит?

10-4. К раствору соли серебра (раствор I) прибавили:

- а) нитрат бария, произошла реакция, выпал осадок I, содержащий 46,2% бария;
- б) небольшой объем раствора щелочи, осадка нет;
- в) воду, выпал белый осадок II, содержащий 57,4% серебра.

Объясните результаты эксперимента и определите качественный состав раствора I.

10-5. Для расчетной части программы ЭВМ выведите конечную формулу решения следующего типа задач (т.е. решите в общем виде): Смесь веществ А и Б массой  $m$ , вступает в реакцию с образованием смеси веществ В и Г массой  $M_2$  по уравнениям:



Определите массу вещества А.

10-6. Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами, содержащие: первый - раствор хлорида бария, второй - раствор сульфита калия с одинаковыми количествами веществ пропускают электрический ток. Электролиз прекратили, когда проба раствора из первого электролизера, после подкисления её избытком азотной кислоты, перестала давать осадок с раствором нитрата серебра, а на аноде этого электролизера выделилось 1,12 л газа. Полученные в результате электролиза растворы смешали. Определите состав и массу выпавшего осадка.



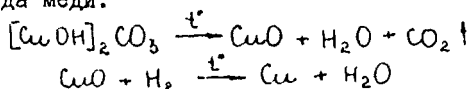
# 1.6. РЫШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ И ОБЛАСТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

## 1.6.1. 7 класс

- 7-1. 1-б; 6-а;  
2-а; 7-г;  
3-б; 8-г;  
4-в; 9-б;  
5-в; 10-а.

- 7-2. Если яблоко не темнеет, следовательно, в атмосфере планеты нет кислорода или других газов, являющихся окислителями. Отсутствие в атмосфере  $\text{CO}_2$  подтверждается тем фактом, что известковая вода (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) не мутнеет.

При нагревании малахита образуется красный порошок меди, а не черный порошок оксида меди. Следовательно, в атмосфере имеется водород, который восстанавливает медь из оксида меди:



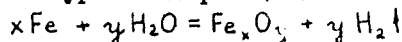
Кроме водорода в атмосфере планеты могут содержаться благородные газы и азот. Другим вариантом ответа является  $\text{CO}$

- 7-3. Если химический анализ проведен верно, то молекула данного соединения азота с водородом должна содержать:

$$\frac{32 \cdot 66\%}{A_r(\text{N}) \cdot 100\%} \quad \text{или} \quad \frac{0,66 \cdot 32}{14} = 1,51 \text{ атомов азота.}$$

Число атомов в молекуле не может быть дробным, поэтому анализ проведен неверно.

- 7-4. Составим уравнение реакции:



Выделилось 0,8 г  $\text{H}_2$ , что составляет 0,8:2=0,4 моль.

Количество вещества воды, вступившей в реакцию, равно

0,4 моль (согласно уравнения реакции) или  $0,4 \cdot 18 = 7,2$  г. тогда масса нелетучего продукта реакции составляет  $16,8 + 7,2 - 0,8 = 23,2$  г. Следовательно, массовая доля железа в полученном соединении  $16,8 : 23,2 = 0,724$  или 72,4 %.

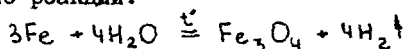
Следовательно, массовая доля железа в полученном оксиде железа:  $16,8 : 23,2 = 0,724$  или 72,4%.

Проведя расчеты по формуле  $Fe_xO_y$ , определяем состав оксида железа

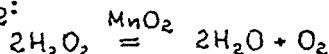
$$x:y = \frac{72,4}{56} : \frac{27,6}{16} = 1,293 : 1,725 = 1:1,33 = 3:4.$$

Искомая формула  $Fe_3O_4$ .

Уравнение реакции:

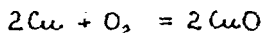


7-5. Для распознавания пероксида водорода можно применить, например, твердый  $MnO_2$ , являющийся катализатором разложения  $H_2O_2$ :



Для определения содержания двух других пробирок помещаем их в водяную баню и упариваем воду. В пробирке с раствором  $NaCl$  происходит кристаллизация хлорида натрия. В другой пробирке вода испаряется без остатка.

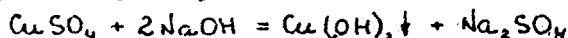
7-6. Такой метод очистки основан на реакции:



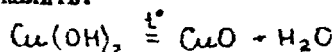
Поверхность кирпича высокоразвита (пориста), поэтому площадь медной поверхности высока. Для получения на поверхности кирпича тонкого медного покрытия можно предложить, например, следующую последовательность операций:

1. Пропитать кирпич раствором  $CuSO_4$

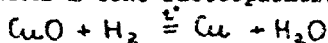
2. Обработать раствором щелочи:



3. Прокалить:



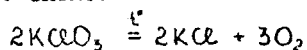
4. Прокалить в токе газообразного водорода:



После проведения этих операций медь оказывается нанесенной на все участки поверхности кирпича.

### 1.6.2. 8 класс

- 8-1. При обычных условиях существуют молекулы  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ , имеющие ковалентную неполярную связь. При нагревании в вакууме и испарении существуют молекулы  $\text{K}_2$  (связь металлическая) и  $\text{KCl}$  (связь ионная).  $\text{KClO}_3$  – твердое вещество с ионной кристаллической структурой. Его молекулы существовать не могут, т.к. при нагревании происходит разложение по схеме:



- 8-2. Масса раствора, полученного при растворении кристаллогидрата, составляет:

$$92 + 5,38 = 97,38 \text{ г.}$$

Масса  $\text{XnSO}_4$ :  $97,38 \times 0,0331 = 3,23 \text{ г.}$

$M(\text{XnSO}_4) = 161,4 \text{ г/моль.}$

Находим молярную массу  $\text{XnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ :

$$\begin{array}{rcl} 3,23 \text{ г} & \text{—} & 161,4 \text{ г;} \\ 5,38 \text{ г} & \text{—} & x \end{array} \quad x = 269,4 \text{ г.}$$

$M(\text{XnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 269,4 \text{ г/моль}$

Масса  $\text{H}_2\text{O}$  количеством вещества "x" моль равна:

$$269,4 - 161,4 = 108 \text{ г.}$$

Количество вещества воды в кристаллогидрате равно

$$108 : 18 = 6 \text{ моль.}$$

Состав кристаллогидрата  $\text{XnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

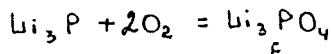
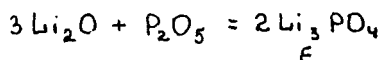
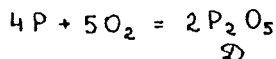
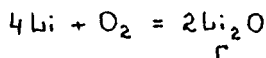
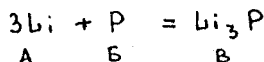
Для схемы реакций приведенной в условии задачи.

- 8-3. Из простых веществ (А) – металлов пригодны  $\text{Li}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$  ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$  при горении образуют пероксиды).  
Из простых веществ (Б) – неметаллов непригодны:  
1) сера, т.к. при реакции  $\text{SO}_2$  (вещество Д) с оксидом металла (вещество Г) образуется сульфит (вещество Е).

а при окислении сульфида (вещество В) образуется сульфат;

б) азот и углерод, т.к. в нитриде и нитрате, карбиде и карбонате различное соотношение соответственно металла и азота, а также металла и углерода.

Из неметаллов подходит, например, фосфор. Тогда превращения, соответствующие условию задачи, записываются следующими уравнениями:



8-4. Определяем количества вещества газов и металлов:

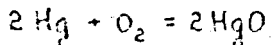
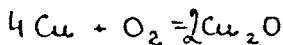
$$\nu(\text{O}_2) = \frac{P \cdot V}{RT} \cdot 0,21 = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 0,21}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 273} = 9,25 \cdot 10^{-5} \text{ моль } \text{O}_2$$

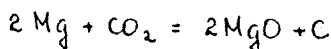
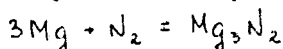
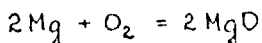
$$\nu(\text{Cu}) = \frac{10}{64} = 0,156 \text{ моль}; \quad \nu(\text{Hg}) = \frac{10}{201} = 0,05 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{10}{24} = 0,417 \text{ моль};$$

Все металлы /- в избытке.

Реакции, происходящие при прокаливании:





Состав воздуха в % по объему:

$\text{N}_2$  - 78%;  $\text{O}_2$  - 21%;  $\text{CO}_2$  - 0,03%; благородные газы 0,93%.

При прокаливании меди состав содержимого колбы:

газы, -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , благородные газы.

Твердые вещества:  $\text{Cu}_2\text{O}$ , возможно  $\text{SiO}$  при медленном охлаждении  
давление в колбе  $\sim 790$  Па.

При прокаливании магния - благородные газы, оксид магния  $\text{MgO}$ , нитрид магния  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ , сажа (C). Давление в колбе 9,3 Па. При прокаливании ртути в зависимости от условий охлаждения 790 или 1000 Па.

8-5. Определяем молярную массу вещества, содержащего 1 моль атомарного углерода:

$$12 : 0,0814 = 147,4 \text{ г/моль.}$$

На кислород в полученном веществе приходится:

$$147,4 \cdot 0,325 = 48 \text{ г кислорода.}$$

Очевидно, в составе вещества имеется карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$ .

В случае одновалентного металла его молярная масса равна:  
$$\frac{147,4 - 60}{2} = 43,8 \text{ г/моль.}$$

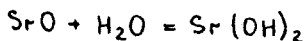
Такого металла нет.

Если металл двухвалентный, его молярная масса равна:

$$147,4 - 60 = 87,4 \text{ г/моль}$$

Металл - стронций. Полученный продукт Г -  $\text{CO}_3$ , тогда А -  $\text{SrO}$ ; Б -  $\text{H}_2\text{O}$ ; В -  $\text{Sr(OH)}_2$ .

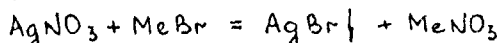
Уравнения реакций:



Смесь веществ  $\text{PbBr}$  и  $\text{CsBr}$ .

Навеску смеси известной массы А граммов растворяем в

воде. Добавляем избыток раствора  $\text{AgNO}_3$ . Выпавший осадок -  $\text{AgBr}$ :



Отфильтровываем его, высушиваем и взвешиваем. Масса осадка составляет 8 граммов.

Пусть в смеси "x" моль  $\text{PbBr}$  и "y" моль  $\text{CsBr}$ .

$M(\text{PbBr}) = 165$  г/моль;  $M(\text{CsBr}) = 213$  г/моль;

$M(\text{AgBr}) = 188$  г/моль.

На основании сделанных предположений и уравнения реакции составляем систему уравнений:

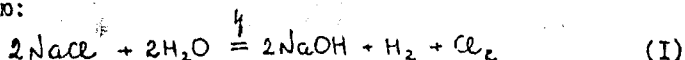
$$165 \cdot x + 213 \cdot y = A;$$

$$188(x+y) = B.$$

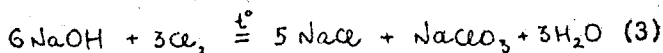
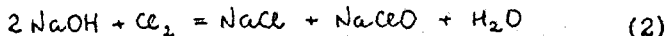
Решив систему уравнений, определяем содержание бромидов рубидия и цезия в смеси.

### I.6.3. 9 класо

- 9-I. Для получения однозначного ответа к условию задачи необходимо добавить фразу: "Катодное и анодное пространство разделены". В этом случае электролиз проходит по уравнению:



(В противном случае хлор не выделяется из раствора количественно, а реагирует со щелочью по уравнениям:



Задача в таком случае однозначно не решается.

Масса  $\text{aCl}$  в 1 кг 10%-ного раствора равна  $1000 \cdot 0,1 = 100$  г.

По уравнению (1) 11,2 л (35,5 г или 0,5 моль) хлора получается при электролитическом разложении 1 моль (58,5 г)  $\text{NaCl}$ . В растворе остается  $100 - 58,5 = 41,5$  г  $\text{NaCl}$ .

Образуется 1 моль (40 г)  $\text{NaOH}$  и 0,5 моль (1 г) водорода.

Масса раствора после проведения электролиза

$$\begin{aligned} m(\text{р-ра}) &= 1000 \text{ г} - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2) = \\ &= 1000 - 35,5 - 1 \text{ г} = 963,5 \text{ г}. \end{aligned}$$

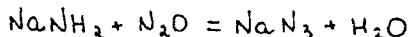
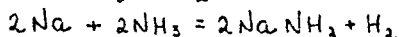
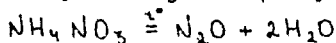
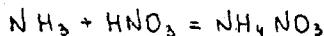
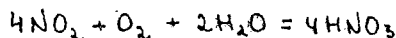
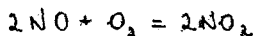
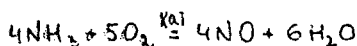
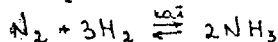
В растворе после проведения электролиза содержатся  $\text{NaCl}$  и  $\text{NaOH}$ . Их массовые доли соответственно равны:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{41,5}{963,5} = 0,043 \text{ или } 4,3\%$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{40}{963,5} = 0,0415 \text{ или } 4,15\%$$

9-2. Вещества: А -  $\text{N}_2$ , Б -  $\text{NH}_3$ , В -  $\text{HNO}_3$ , Г -  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , Д -  $\text{N}_2\text{O}$ , Е -  $\text{NaNH}_2$ , Ж -  $\text{NaN}_3$ .

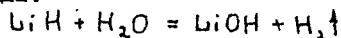
Уравнения реакций:



Массовая доля азота в  $\text{NaN}_3$  равна

$$\omega(\text{N}) = \frac{14,3}{14,3+23} = 0,646 \text{ или } 64,6\%$$

9-3. 9 граммов белого порошка при взаимодействии с водой образуют 22,4 л или 1 моль газа. Следовательно, первый порошок может содержать гидрид щелочного металла ( $\text{LiH}$ ). По реакции:

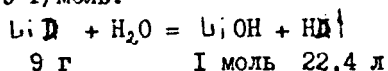


Образуется 1 моль (22,4 л) водорода следовательно, реагирует 1 моль (8 г)  $\text{LiH}$  и образуется 1 моль  $\text{LiOH}$ .

Кроме того, порошок содержит 1 г вещества, что составляет  $(1,0417 - 1) = 0,0417$  моль. Молярная масса этого вещества равна:  $1 : 0,0417 = 24$  г/моль. Это может быть гидроксид лития  $\text{LiOH}$ .

Второй порошок - дейтерид лития  $\text{LiD}$ , молярная масса

которого равна 9 г/моль:



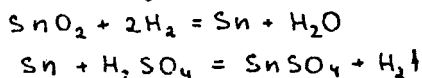
(Кроме того, возможно дополнительное решение: второй порошок — смесь  $\text{LiH}$  и  $\text{LiT}$  в соотношении 1:1 или смесь  $\text{LiH}$  и  $\text{LiNH}_2$  в соотношении 14:1).

9-4. Смесь должна удовлетворять следующим условиям:

- металл должен реагировать с разбавленной серной кислотой, а его оксид должен полностью восстанавливаться водородом;
- металл в оксиде должен иметь большую положительную степень окисления, чем в сульфате, полученном при реакции с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

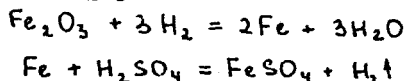
Примеры смесей:

1)  $\text{Sn}$  и  $\text{SnO}_2$



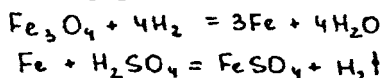
Молярное соотношение 1:1.

2)  $\text{Fe}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .



1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  при восстановлении образует 2 моль  $\text{Fe}$ , при растворении которых в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется 2 моль  $\text{H}_2$ . 1 моль  $\text{Fe}$  при растворении в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образует 1 моль водорода. Итого — образуется  $\text{H}_2$  количеством вещества 3 моль. Следовательно, молярное отношение металла и оксида в смеси 1:1.

3)  $\text{Fe}$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .



1 моль  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  — 3 моль  $\text{Fe}$ .

3 моль  $\text{Fe}$  восстанавливает 3 моль  $\text{H}_2$  из  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

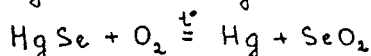
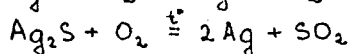
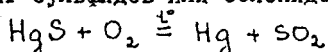


I моль Fe восстанавливает I моль  $H_2$ .

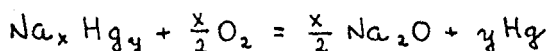
Поэтому молярное отношение металла и оксида в смеси I:I.

9-5. Примерами подобных реакций могут быть:

1. Обжиг сульфидов или селенидов малоактивных металлов:



2. Окисление интерметаллического соединения, например амальгамы натрия:



9-6. Пусть  $m(x)$  - масса вещества X.

$M(x)$  - молярная масса вещества X.

Для реакции  $aA \longrightarrow bB$ :

$$m(B) = \frac{m(A) \cdot b \cdot M(B)}{a \cdot M(A)} \quad (1)$$

Для реакции  $kB \longrightarrow cC$ :

$$m(C) = \frac{m(B) \cdot c \cdot M(C)}{k \cdot M(B)} \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получаем для двухстадийного процесса:

$$m(C) = \frac{m(A) \cdot b \cdot c \cdot M(C)}{k \cdot a \cdot M(A)}$$

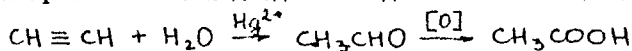
Для произвольного числа стадий:

$$m(x) = m(A) \cdot \frac{b \cdot c}{k \cdot a} \cdot \frac{M(x)}{M(A)}$$

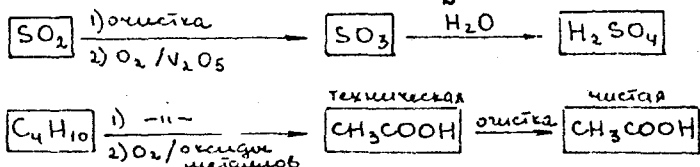
где  $b \cdot c$  - произведение коэффициентов, стоящих при продуктах реакций;  $k \cdot a$  - произведение коэффициентов, стоящих при исходных веществах;  $M(x)$  - молярная масса полученного вещества;  $M(A)$  - молярная масса исходного вещества.

#### 1.6.4. 10 класс

10-1. Уменьшение себестоимости в основном определяется стоимостью сырья, оборудования, трудоемкостью процесса. По этим признакам не подходит метод синтеза из ацетилена:

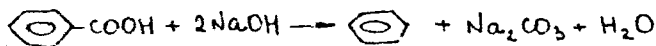
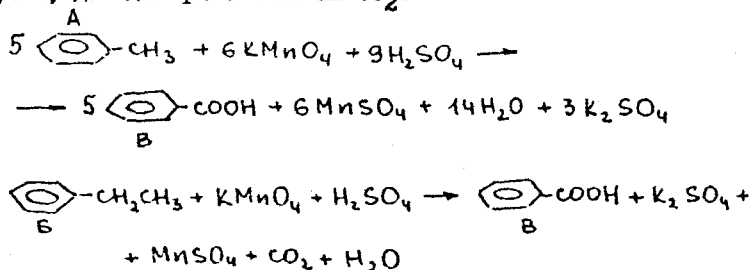


Директор химического завода прежде всего осмотрит, нельзя ли приспособить для процесса уже имеющееся оборудование. Очевидно, что при мелкой переделке аппаратуры очень похожи друг на друга окисление  $\text{O}_2$  и окисление бутана:



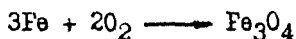
Каталитическое окисление экологически безвредно, дополнительно нужно заказать бутан, аппарат для очистки полученной уксусной кислоты.

10-2. Решение ведем с конца: только при монохлорпроизводных - значит, только три типа атомов углерода в боковых цепях  $\text{C}_6\text{H}_x(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ . Соединений два, типов C-атомов 3, значит, в смеси присутствует толуол (I тип боковых C-атомов) и еще одно органическое соединение - гомолог толуола, дающий при окислении  $\text{CO}_2$ :

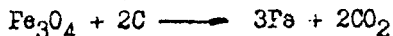


Из I моль толуола и I моль Б образуется 2 моль бензойной кислоты; из I моль Б, по условию, должно образоваться 0,5 моль  $\text{CO}_2$  ( $2:0,5=I:0,25$ ), поскольку на I моль выделившегося  $\text{CO}_2$  требуется, по условию, I моль щелочи:  $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{NaHCO}_3$  (необходимо и достаточно). Соотношение 2:05 (или I:0,25) подтверждает, что Б-этилбензол, имеющий только один С-атом, окисляющийся до  $\text{CO}_2$ .

Ю-3. Процесс прогорания вызывается чередующимися процессами окисления/восстановления железа. Окисление идет за счет кислорода воздуха:



Восстановление - в основном за счет углерода, образующегося при неполном сгорании газа:



При одном и том же соотношении (объемном) газ/воздух полнота сгорания бутана меньше  $\Rightarrow$  количество копоти больше. Поэтому в этом случае прогорание произойдет быстрее.

Ю-4. Сразу заметны нелогичности в свойствах раствора I: щелочь + соль  $\text{Ag}^+$  — всегда есть осадок  $\text{Ag}_2\text{O}$  разбавлении водой осаждаются только аммиакаты галогенидов серебра.

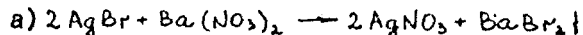
При подсчете молярной массы кислотного остатка осадка I получаем:

$$\text{На } 46,2\% \text{ Ba}^{2+} \text{ ————— } 53,8\% \text{ A}^{2-}$$

$$\text{на } 137 \text{ г} \text{ ————— } x \text{ г A}^{2-}$$

$x = 160$ , подходит  $\text{A} = \text{Br}_2^{2-}$ , т.е. соль  $\text{BaBr}_2$  (растворим в воде).

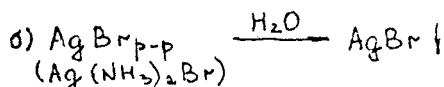
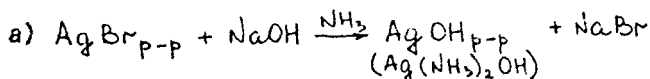
Еще одна нелогичность - соль серебра, похоже,  $\text{AgBr}^?$ !



Осадок 2 с 58,5%  $\text{Ag}^+$  подтверждает формулу  $\text{AgBr}$ .

Все эти странные факты наводят на мысль, что раствор неводный. Но ведь в условии и не сказано, что он водный! Факты хорошо согласуются со свойствами аммиачных

комплексов серебра:



т.е. раствор I - это раствор  $\text{AgBr}$  в жидком аммиаке

10-5. Фактически предлагается решить задачу на смеси в общем виде.

Обозначим массы веществ  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $m_C$ .  
выведем по пропорциям  $m_B$  и  $m_C$  через  $m_A$  и  $m_B$   
( $m_B = m_1 - m_A$ ):

$$\begin{array}{ccc} a \cdot M_A & \xrightarrow{\quad} & b \cdot M_B \\ a \cdot A & \xrightarrow{\quad} & b \cdot B \\ m_A & & m_B \end{array} \quad m_B = \frac{b \cdot M_B \cdot m_A}{a \cdot M_A}$$

аналогично  $m_C = \frac{r \cdot M_C \cdot (m_1 - m_A)}{\delta \cdot M_B}$

По условию,  $m_B + m_C = m_2$ :

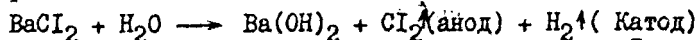
$$\frac{b \cdot M_B \cdot m_A}{a \cdot M_A} + \frac{r \cdot M_C \cdot (m_1 - m_A)}{\delta \cdot M_B} = m_2$$

Решаем относительно  $m_A$ :

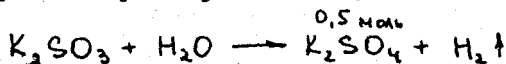
$$m_A = \frac{a \cdot M_A (\delta \cdot M_B \cdot m_2 - r \cdot M_C \cdot m_1)}{\delta \cdot M_B \cdot b \cdot M_B - a \cdot M_A \cdot r \cdot M_C}$$

$m_B$ , как уже было отмечено, равна  $m_1 - m_A$ .

10-6. Из условия следует, что реакция в I-м электролизере прошла полностью, т.к. ионы  $\text{Cl}^-$  в растворе отсутствуют

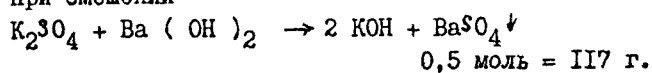


II, 2 л  $\text{Cl}_2$  (0,5 моль) на аноде соответствует 0,5 моль  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в растворе (после электролиза). Количество электричества во втором электролизере такое же, т.е. там прошла реакция:



При электролизе  $K_2SO_3$  кислород не выделяется до тех пор, пока не окислятся все сульфит-ионы.

При смешении



РАЗДЕЛ П. ЗАДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРА МОСКОВСКОЙ\*  
ОЛИМПИАДЫ в МХТИ им. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Экспериментальный тур Московской городской и областной химической Олимпиады проводится через две недели после теоретического тура. В МХТИ им. Д.И.Менделеева он проводится четырьмя кафедрами: учащиеся 7 - класса выполняют практические задачи на кафедре общей и неорганической химии; 8 - класса - аналитической химии; 9 - класса - физической и коллоидной химии; 10 - класса - органической химии. Каждая кафедра для проведения экспериментального тура выделяет опытных преподавателей - доцентов, ассистентов, а также лаборантов.

Через день после проведения теоретического тура каждый школьник, допущенный к экспериментальному туру, получает тему реферата, знакомится со списком рекомендуемой литературы. Объем реферата 6-8 листов школьной тетради. В конце реферата должен быть список литературы.

На каждой кафедре практические задачи составляются с учетом темы реферата. Поэтому, прорабатывая соответствующую литературу при написании реферата, школьник одновременно подготавливает себя и к практическому туру.

В 1987 году, впервые, учитывая трудоемкость проведения практического тура для учащихся 10 - класса, преподавателями кафедры органической химии была организована консультация за пять дней до проведения экспериментального тура. Учащиеся знакомились с кафедральными методическими пособиями: по выполнению и оформлению синтеза, методам очистки и идентификации органических соединений, по технике безопасности при работе в лаборатории органической химии.

Результаты проведения экспериментального тура на кафедре органической химии показали, что такая консультация необходима учащимся: они в полной мере представляли себе связь темы реферата с поставленным синтезом, что давало им большей уверенности, самостоятельности. Благодаря такой предварительной

\*) Продолжение. Начало в сб. за 1986 г. (практический тур в МХТИ).

подготовке учащиеся имели достаточное время для проведения органического синтеза. Это способствовало спокойной обстановке в лаборатории; учащиеся работали без суеты и спешки, что совершенно недопустимо в лаборатории органической химии.

#### 7 класс

№	Тема реферата с рекомендуемой литературой	Название экспериментальной задачи	Кол-во человек
1.	Способы выражения концентрации растворов I-4, II .	Приготовление раствора заданной концентрации из NaCl (к), NaCl (р-р)-	5
2.	Определение молекулярной массы газообразных веществ I-4, II .	Определение молекулярной массы углекислого газа	5
3.	Способы установления формул химических соединений I-4, II .	Установление формулы кристаллогидрата: $\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5
4.	Способы очистки веществ 2, 4 .	Получение и очистка вещества	5

#### 8 класс

№	Тема реферата с рекомендуемой литературой	Название экспериментальной задачи	Кол-во человек
1.	Метод кислотно-основного титрования. Определение точки эквивалентности 5, 6 .	Идентификация катионов: $\text{NH}_4^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Al}^{3+}$	5

2. Теория индикаторов и их применение в аналитической химии 5, 6 .	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Fe}^{+3}$	5
3. Иодометрическое определение киолот 5, 6 .	$\text{K}^{+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$	5
4. Действие индикаторов в комплексометрии 5, 6	$\text{NH}_4^{+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$	5

9 класс

№	Тема реферата о рекомендуемой литературой	Название экспериментальной задачи	Кол-во чел.-век
I.	Теория кинетики химических реакций 7-10 .	Исследование кинетики <sup>интермиди</sup> тростникового сахара поляриметрическим методом по изменению угла вращения реакционной среды, содержащей оптические изомеры.	4
2.	Сложные реакции. Методы их изучения 7-10 .	Изучение реакции иодирования ацетона методом отбора проб с последующим титрованием раствором тиосульфата натрия.	4
3.	Особенности химических реакций в растворах 7-10 .	Исследование кинетики гидратации уксусного ангидрида методом измерения электропроводности реакционной среды с использованием моста переменного тока Р-38.	4
4.	Зависимость скорости химических реакций от температуры 7-10 .	Изучение кинетики реакции разложения $\text{H}_2\text{O}_2$ газометрическим методом по объему выделяющегося $\text{O}_2$ с использованием жидкофазных катализаторов	4



водные растворы солей тяжелых металлов.

#### 10 класс

№	Тема реферата с рекомендуемой литературой	Название экспериментальной задачи	Кол-во человек
1.	Реакции О-ацилирования. 13-15	Аспирин. Этилацетат.	2 2
2.	Реакции N-ацилирования. 13-15 .	Ацетанилид. N-Ацетотолуидин	2 2
3.	Реакции окисления в ароматическом ряду 16-18 .	Бензойная кислота. Ацетон.	2 2
4.	Получение алкилгалогенидов из спиртов 19-23 .	Бромистый этил. Бромистый изопропил.	2 2

#### Рекомендуемая литература

1. Г.П.Хомченко. Химия для поступающих в ВУЗы. М., Высшая школа, 1985.
2. Глинка. Общая химия. М., Химия, 1984.
3. Г.П.Хомченко, К.И.Севостьянова. Практические работы по неорганической химии с применением полумикрометода. М.: Просвещение, 1976.
4. Б.В.Некрасов. "Основы общей химии". М.: Химия, 1973.
5. А.П.Крешков. Основы аналитической химии. М., 1975.
6. А.П.Крешков, А.А.Ярославов. Курс аналитической химии. Кн. 1, 2. М.: Химия, 1975.
7. Я.И.Герасимов, В.П.Древинг и др. Курс физической химии, т.2. М.: Химия, 1973.
8. В.А.Киреев. Курс физической химии. М.: Химия, 1975.
9. Физическая химия /Под ред. К.С.Краснова. М.: Высшая школа, 1982.

10. Краткий курс физической химии /Под ред. С.Н.Кондратьева. М.: Высшая школа, 1978.
11. Л.Н.Захаров. Начала техники лабораторных работ. Л.: Химия, 1985.
12. Химические справочники.
13. Общий практикум по органической химии /Под ред. А.Н.Коста. М.: Мир. С. 365-367, 385-410.
14. Р.Моррисон, Р.Бойд. Органическая химия. М.: Мир, 1974. С. 562-566, 574-576, 628-649.
15. Г.В.Голодников. Практические работы по органическому синтезу. Л., изд-во ЛГУ, 1966. С. 72, 78.
16. Общий практикум по органической химии. М.: Мир, 1965. С. 245-254, 332-363.
17. См. 14; с. 199-200, 289-291, 203-204, 369, 509, 596, 605, 847-852.
18. Ю.К.Юрьев, Р.Я.Левина, Ю.С.Шабаров. Практические работы по органической химии. Вып. I. М., изд-во МГУ, 1969. С. 150-234.
19. См. 14; с. 179-183, 340, 341, 372-373, 443-446, 504-506.
20. Ю.К.Юрьев. Практические работы по органической химии. Вып. III, изд. МГУ. М., 1961. С. 147-247.
21. А.Н.Несмеянов, Н.А.Неомеянов. Начала органической химии. Кн. I. М.: Химия, 1969. С. 105, 265-267; кн. 2. С. 51-52.
22. См. 16. С. 168-174, 231-237, 241-245.
23. Дж. Робертс, М.Касеро. Основы органической химии, кн. I. М.: Мир, 1968. С. 165-178, 351-355; кн. 2. С. 133-136.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

### 7 класс

I. Приготовление раствора заданной концентрации из  $\text{NaCl}$  (к) и  $\text{NaCl}$  (р).

- Учащийся готовит раствор определенной концентрации из  $\text{NaCl}$  (к), проверяется правильность расчетов и приготовления раствора измерением плотности.
- Раствор аналогичной концентрации учащийся готовит из концентрированного раствора  $\text{NaCl}$  методом разбавления.

При оформлении работы необходимо: рисунок, описание хода работы, расчеты, выводы.

### 8 класс

Идентификация катионов I-III аналитических групп:

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ .

Учащийся получает три задачи, в каждой из которых присутствует один из указанных катионов. Участник олимпиады отмечает внешний вид задачи, цвет, запах, делает качественную реакцию на ион  $\text{NH}_4^+$  и далее проводит систематический анализ действием групповых реактивов. Анализ ведется от III-й - аналитической группы к I-й. Объясняется амфотерность, сила кислот, оснований. Делается реакция на присутствие амфотерного катиона с избытком  $\text{NaOH}$ . Рассматривается взаимодействие катионов III-й - аналитической группы с  $\text{NH}_4\text{OH}$ , объясняется полное и неполное осаждение гидроксидов, образование аммиакатов, действие групповых реактивов на катионы III-й и II-й аналитических групп, действие буферной смеси. После разделения на группы проводится качественная реакция для подтверждения определяемого катиона. Оформление журнала по форме; обязательно, уравнения реакций, аналитический эффект, выводы.

## 9 класс

Во время выполнения практических работ учащиеся различными физико-химическими методами исследовали кинетику протекания указанных реакций. По экспериментальным данным определялись константы скорости, порядок реакции графическим и аналитическим способами. Получив от преподавателя значения констант скоростей изучаемых реакций при других температурах, учащиеся выполняли расчет энергии активации по уравнению Аррениуса и температурного коэффициента по правилу Вант-Гоффа. Полученные в ходе экспериментальной работы данные сравнивались с данными учащихся, приводимых в их рефератах с целью практического подтверждения сведений о кинетике химических реакций.

## 10 класс

### План коллоквиума перед синтезом

- I. Теория по данному методу синтеза.
2. Характеристика исходных веществ: химические свойства, физические свойства, физиологическое действие.
3. Молярные отношения исходных веществ (по уравнению реакции, взятых в реакцию по методике).
4. Расчет теоретического выхода.
5. Схема прибора для проведения реакции.
6. Условия проведения реакции.
7. Характеристика полученного продукта (химические и физические свойства, физиологическое действие).
8. Побочные продукты реакции и их характеристика.
9. Состав реакционной смеси после реакции.
10. Выделение полученного продукта из реакционной смеси.
- II. Очистка полученного продукта и его идентификация.

При оформлении лабораторного журнала требуется:

- I. Уравнения реакций основной и побочной.
- II. План работы (этапы работ и наблюдения).
- III. Таблицы:

- 1) расчет синтеза;
- 2) характеристика основного и побочного продуктов;
- 3) константы и выход полученного продукта.

## ЗАДАЧИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА XXI ВСЕСОЮЗНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ

Комплекты заданий теоретического тура заключительного этапа Всесоюзной химической олимпиады 1987 года подготовлены методической комиссией по химии Центрального оргкомитета Всесоюзной физико-математической и химической олимпиады школьников Минпроса СССР в составе:

СОКОЛОВСКАЯ Е.М. (председатель)	профессор, зав.кафедрой общей химии химического факультета Московского университета
СОРОКИН В.В. (зам.председателя)	доцент кафедры общей химии химического факультета Московского университета
ДВОРЖИНА В.П. (ученый секретарь)	ст.методист УМСа Минпроса СССР
АДАМОВИЧ Т.П.	доцент химического факультета Белорус- ского университета
БАЙТКУС Р.А.	мл.н.сотр. ВНИО "Фермент", г.Вильнюс
ВЕДЕРНИКОВ А.Н.	ассистент химического факультета Казан- ского университета
ВОЛБЕРОВ Г.Б.	методист г.Ярославля
ГОЛДЕНБЕРГ М.Г.	ведущий научный сотрудник Института химической физики АН СССР
ГОЛУБЕВ В.Б.	зав. лабораторией химического факульте- та Московского университета
ГУРЕНИЧ П.А.	профессор Казанского химико-технологи- ческого института
ШИРОВ А.Н.	ассистент кафедры неорганической химии химического факультета Московского уни- верситета

ЗАГОРСКИЙ В.В.	научный сотрудник химического факультета Московского университета
ЗАЯЦ М.Н.	доцент химического факультета Донецкого университета
ЗЛОТНИКОВ Э.Г.	доцент химического факультета Ленинградского государственного педагогического института
КОЛЕСНИКОВ В.И.	ст.преподаватель Московского государственного педагогического института
КУЛЬКОВ В.Е.	студент химического факультета Московского университета
МАЛЕЕВА Н.Т.	доцент химического факультета Донецкого университета
РЕЗНИК Л.Б.	доцент химического факультета Бакинского университета
РОЗАНЦЕВ Г.М.	доцент химического факультета Донецкого университета
РУМБА Г.Я.	доцент химического факультета Рижского политехнического института
СОЛОМОНОВ Б.Н.	зав.лабораторией Казанского университета
СЫЧЕВ Ю.Н.	доцент химического факультета Московского государственного педагогического института
ЧИРАКАШЕ Г.Г.	профессор, зав.кафедрой органической химии Тбилисского политехнического института

## 8 КЛАСС

### Задача 1.

Твердое вещество А массой 4 г обработали хлором и получили единственный продукт Б, жидкий при нормальных условиях. При внесении продукта Б в избыток воды образуется 3 г исходного вещества А. Из получившегося сильноокислого раствора при нагревании выделяется газ В с плотностью по воздуху 2,2. При окислении кислородом исходной навески вещества А можно выделить в 4 раза больше газа В, чем из раствора, полученного при внесении Б в воду. Определите вещества А, Б, В.

### Задача 2.

При сжигании 1,792 л (н.у.) смеси метана, оксида углерода (II) и кислорода в калориметре выделилось 13,663 кДж теплоты. Если к продуктам сгорания добавить некоторое количество водорода и снова сжечь, то выделится дополнительно 9,672 кДж теплоты. Известно, что при реакциях образования из простых веществ I моль метана, оксида углерода (II), оксида углерода (IV) и воды выделяется 74,8; 110,5; 393,5; 241,8 кДж теплоты, соответственно. Какой объем каждого из газов содержался в исходной смеси?

### Задача 3.

В колбе нагрели 0,18 г простого вещества с избытком концентрированной серной кислоты. Газообразные продукты реакции пропустили в избыток известковой воды, из которой затем выпало 5,1 г осадка. Определите простое вещество А. Ответ подтвердите соответствующими расчетами и уравнениями реакций.

### Задача 4.

При взаимодействии А г галогенида щелочного металла с избытком раствора нитрата серебра образовалось В г осадка. При обработке той же навески концентрированной серной кислотой с последующим прокаливанием продукта реакции получено С г сухого остатка. Выведите в общем виде формулы, на основании которых можно определить, какая соль была использована. Используя выведенные Вами формулы, определите состав галогенида щелочного металла для следующих данных: А = 2,38 г, В = 3,76 г, С = 1,74 г.



### Задача 5.

При нагревании навески вещества А образовалось 0,6 г твердого вещества Б и газообразное вещество В. Твердый продукт разложения Б растворили в воде и при этом образовалось 0,96 г вещества Г. Газообразный продукт разложения В пропустили через избыток раствора вещества Д, в результате чего образовалось 6,52 г вещества Е. При взаимодействии последнего в водном растворе с веществом Г образуются вещества А и Д. Определите, что представляют собой вещества А, Б, В, Г, Д, Е и напишите уравнения соответствующих реакций.

### Задача 6.

Имеются три соли состава  $Me_2S_2O_X$ , где X – целые числа, а Me – щелочной металл. Определите индексы X для каждой соли, используя приведенные ниже утверждения:

1. В анионе присутствует связь O-O.
2. В анионе присутствует связь S-S.
3. В анионе присутствует связь S-O-S.
4. Соль образуется при термическом разложении гидросульфата соответствующего металла.
5. Соль образуется при анодном окислении гидросульфата соответствующего металла.
6. Соль образуется при взаимодействии водного раствора сульфита с серой.
7. Водный раствор соли растворяет бромид серебра.
8. Нейтрализация водного раствора соли гидроксидом MeOH приводит к образованию сульфата  $Me_2SO_4$ .
9. Соль в водном растворе окисляет марганец (II) до перманганата.

Для каждой соли укажите номера утверждений (не менее трех), на основе которых можно определить ее состав. Напишите уравнения реакций, о которых идет речь в приведенных утверждениях.

## 9 КЛАСС

### Задача 1.

В технологии теллура известны два различных метода его производства. По первому методу сырье, содержащее диоксид теллура (производственные отходы металлургической и сернокислотной промышленности), обрабатывают соляной кислотой, а затем полученный продукт подвергают действию диоксида серы в водной среде. По второму методу диоксид теллура извлекают из сырья действием раствора гидроксида натрия (щелочь берется в избытке), а затем полученный продукт подвергают электролизу (электроды из нержавеющей стали).

Опишите оба метода получения теллура, приводя уравнения соответствующих реакций и обосновывая процессы положением теллура в периодической системе элементов. Какие побочные электродные процессы возможны во втором способе?

### Задача 2.

В Институте химии АН УзССР было изучено взаимодействие оксида меди (II) с ортофосфорной кислотой и аммиаком. Опыты ставились следующим образом: к оксиду меди приливался большой избыток водного раствора кислоты и затем при перемешивании пропускали ток аммиака до установления определенной кислотно-основной характеристики среды. Оказалось, что при снижении кислотности выпадает светло-голубой осадок А. Если же реакцию среды довели до нейтральной, то выпал ярко-голубой осадок Б. Прокаливание каждого из осадков приводило к образованию одного и того же продукта В.

Назовите вещества А, Б и В, если известны следующие данные:

Вещество	Элементный состав в массовых долях (%)		
	медь	фосфор	азот
А	40,0	19,4	0
Б	32,8	15,9	7,2

Приведите уравнения реакций образования веществ А, Б и В.

### Задача 3.

При прокаливании навесок двух солей цинка (А и Б), содержащих одинаковую массу цинка, в обоих случаях выделялись бурные пары, которые пропускали через горячие растворы едкого натра. При этом растворы оставались бесцветными, а над щелочью собирался бесцветный газ, поддерживающий горение. Прирост массы растворов щелочи при поглощении паров составил  $49 \pm 1$  % от массы прокаливаемой соли. После нейтрализации щелочных растворов азотной кислотой к ним добавлен раствор нитрата серебра. В обоих случаях выпал желтоватый осадок. Если бурные пары, выделявшиеся при разложении А и Б, охладить до комнатной температуры, то они сгущаются в жидкости. При дальнейшем охлаждении смесью льда с солью продукт разложения соли А образует почти бесцветные, а продукт разложения соли Б – бурные кристаллы.

Установите формулы А и Б. Какие процессы происходили в этих экспериментах? (Напишите уравнения реакций). В каком случае после добавления нитрата серебра выпало больше осадка? Где применяется твердый осадок от прокалывания солей А и Б?

### Задача 4.

Газовая смесь диоксида азота и монооксида углерода реагирует в замкнутом реакционном сосуде. Известно, что реакция  $\text{NO}_2 + \text{CO} = \text{NO} + \text{CO}_2$  протекает по бимолекулярному механизму. Определите, при каких парциальных давлениях компонентов смеси начальная скорость реакции будет максимальной. При каких парциальных давлениях компонентов эта скорость изменится в 10 раз. В обоих случаях температура и общее давление смеси одинаковы.

### Задача 5.

После установления равновесия в суспензии цианида серебра в чистой воде при  $20^\circ\text{C}$  концентрация катионов серебра в растворе оказалась равной  $2,52 \cdot 10^{-4}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$ . Произведение растворимости цианида серебра  $K_{\text{sp}}(\text{AgCN}) = [\text{Ag}^+][\text{CN}^-] = 7,1 \cdot 10^{-15}$  моль $^2 \cdot$  л $^{-2}$ .  
 $K_{\text{a}}(\text{HCN}) = \frac{[\text{H}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} = 7,9 \cdot 10^{-10}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$ ;  $K_{\text{w}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$  моль $^2 \cdot$  л $^{-2}$ .

Укажите возможные причины, по которым концентрация ионов серебра оказалось равной  $2,52 \cdot 10^{-4}$  моль  $\cdot$  л $^{-1}$ . Используя все данные в условии задачи, расчетом установите, какая из возможных причин является определяющей. Рассчитайте растворимость цианида

серебра в г/л в этих условиях. При решении задачи считайте диссоциацию цианида серебра в растворе полной.

#### Задача 6.

Для фотометрического определения фосфора в виде фосфомолибденового комплекса приготовили стандартный раствор, содержащий 0,2300 г гидрофосфата натрия в 100 мл раствора. Указанные в таблице объемы этого раствора после соответствующей обработки разбавили водой до 25 мл и измерили их оптическую плотность.

Объем стандартного раствора мл	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00
Оптическая плотность (А)	0,070	0,100	0,150	0,200	0,250

Навеску полупроводникового фосфида 0,0505 г растворили и после обработки получили 1 л слабо окрашенного раствора. Его окраску усилили, добавив 1,86 мл стандартного раствора, при этом оптическая плотность оказалась равной 0,214. Назовите возможные варианты определения зависимости оптической плотности от объема стандартного раствора. По одному из названных вариантов определите концентрацию фосфора в исследуемом растворе (г/мл). Объясните необходимость усиления окраски. Установите формулу фосфида. Напишите формулу фосфомолибденового комплекса.

#### Задача 7.

Смесь хлоридов магния, железа (III) и меди (II) растворили в воде. Масса осадка, образующегося при добавлении избытка сульфида натрия к этому раствору в 2,51 раза больше, чем при добавлении сероводорода. Если в растворе заменить хлорид железа (III) на равное по массе количество хлорида железа (II), отношение масс осадков станет равно 3,36. Определите состав смеси хлоридов в массовых долях. Напишите уравнения химических реакций, протекающих в растворах хлоридов при действии на них сульфидом натрия и сероводородом.

## 10 класс

### Задача 1.

Некоторая жидкость перегоняется в интервале температур 34 – 40°C. Она мало растворима в воде, не способна к реакции с гидроксидом меди (II), очень медленно реагирует со щелочью на холоду.

Навеску этой жидкости массой 1,0000 г сожгли, получив при этом 0,9722 г воды, 0,1718 г хлорида водорода и 2,0030 г диоксида углерода.

Исследуемую жидкость поместили в колбу с обратным холодильником и обработали горячим раствором гидроксида натрия. Произойдет частичное растворение жидкости, что сопровождалось выделением газа с резким запахом. Оставшуюся часть жидкости обработали концентрированным раствором хлорида водорода, в результате чего она прореагировала с образованием йодэтана.

1. Определите состав жидкости;
2. Используя все данные задачи, покажите, однозначно ли ее решение. Ответ обоснуйте;
3. Напишите уравнения реакций;
4. Какое вещество обуславливает появление резкого запаха?
5. Предложите механизм образования йодэтана.

### Задача 2.

Вещества А и Б относятся к одному классу природных органических соединений.

При обработке вещества А хлорангидридом трифторуксусной кислоты получается вещество В, которое, в свою очередь, реагирует с пентахлоридом фосфора, превращаясь в вещество Г.

Вещество Б при взаимодействии с метанолом образует Д.

Продуктом реакции Г и Д будет вещество Е, превращающееся в результате взаимодействия с разбавленной щелочью, в Ж.

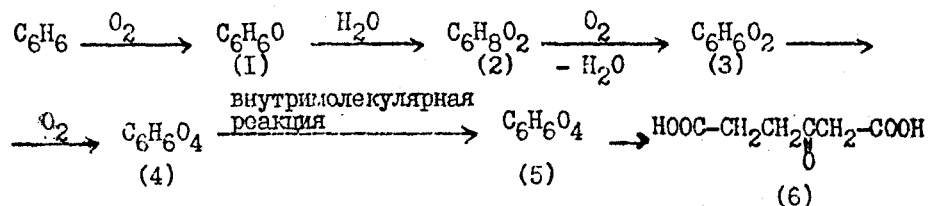
Вещества А, Б, и Ж могут реагировать с соляной кислотой, щелочью, азотистой кислотой. Известно, что молекула Ж содержит в 2,5 раза, а молекула Б – в 2 раза больше атомов кислорода, чем молекула А. Количество атомов углерода в молекуле Ж равно 6, что составляет сумму атомов углерода в А и Б.

В зависимости от кислотности среды вещество Ж (так же, как А и Б) может существовать в трех формах: катионной, анионной, нейтральной.

1. Определите вещества А – Ж, напишите соответствующие уравнения реакций;
2. На примере вещества А покажите, какие продукты образуются при взаимодействии А, Б и Ж с соляной кислотой, щелочью, азотистой кислотой;
3. Укажите, в какой среде (кислой, щелочной, нейтральной) молекула вещества Ж будет в целом электронейтральна.

### Задача 3.

В природе найдены микроорганизмы, способные питаться ароматическими соединениями. Один из путей превращения бензола в  $\beta$ -кетoadипиновую кислоту (6) под действием ферментов микроорганизмов выражается цепочкой реакций:



Соединение (3) имеет фенольный характер и при нитровании образует два моонитросоединения. Соединение (4) может существовать в виде трех цис-транс изомеров, причем при биохимическом превращении бензола образуется лишь один из них. В соединениях (1) и (5) один атом кислорода входит в состав цикла. Кроме того, соединение (5) является одноосновной кислотой, а его превращение в (6), по-видимому, является одностадийным процессом.

1. Напишите структурные формулы всех промежуточных продуктов (1) – (5).
2. Предложите механизм превращения (4) в (5).
3. Предложите схему превращения (5) в (6).
4. Каков, на Ваш взгляд, следующий этап биохимического превращения продукта (6)?

### Задача 4.

При термическом разложении твердого вещества А образуется широко распространенное в природе соединение Б, являющееся производным кислоты В и летучая жидкость Г.

В результате реакции Г с темно-зеленым газом Д в молярном

отношении 1:3 получается газ Е, дающий в водном растворе кислую реакцию и Ж, образующее под действием известковой воды вещество А и жидкость со специфическим запахом З, используемую как растворитель. При стоянии на свету в присутствии кислорода жидкость З частично окисляется с образованием газа И, который можно рассмотреть как производное кислоты В, и газ В.

Газ И реагирует с газом К, который получается при пропускании (высокая температура, давление) смеси газов Л и М, являющихся простыми веществами, над катализатором в объемных отношениях 1:3. При реакции К и И образуется ценное удобрение Н и соединение Р, которое получается также из Е и К. При комнатной температуре М медленно гидролизуетсЯ водой, давая П (ангидрид кислоты В) и В. Газ Е можно получить при взаимодействии на свету газов Д и М.

Определите указанные в задаче вещества и напишите уравнения описанных реакций.

#### Задача 5.

Экологически чистый способ производства известного органического вещества Б заключается в следующем. В электролизёр, содержащий раствор  $[(C_2H_5)_4N^+][ClO_4^-]$  в дихлорметане, добавили 10,00 г  $N_2O_4$  и 9,00 г индивидуального органического вещества А. Раствор подвергли электролизу с разделённым катодным и анодным пространством током 208 мА в течение 10 час. При этом газы не выделялись. По окончании электролиза из анолита было выделено 12,30 г соединения Б и 1,20 г непрореагировавшей жидкости А. (Постоянная Фарадея = 26,8 А·час).

1. Определите А, Б, приняв выход по току равным 100%.
2. Предложите механизм протекания электрохимической реакции.
3. Какова роль  $[(C_2H_5)_4N^+][ClO_4^-]$  ?

#### Задача 6.

Избыток насыщенного углекислого газа А прореагировал при нагревании с бурными парами легколетучей жидкости Б. При этом образовалось только два новых органических вещества В и Г. Если любое из них прокипятить в водноспиртовом растворе хлорида аммония с цинковой пылью, то образующийся раствор приобретает способность выделять один и тот же осадок из первоначального раствора оксида серебра. При этом из той же массы В образуется в 1,23 раза больше осадка, чем из Г.

### Задания.

1. Определите строение веществ А, Б, В, Г.
2. Напишите уравнения протекавших реакций.
3. Приведите вариант решения задачи, если соотношение масс осадков В и Г - 1,20. Напишите соответствующие уравнения.

### Задача 7.

Имеется 100 мл раствора с концентрацией хлорида кальция 0,1 моль /л при комнатной температуре. При добавлении к нему при той же температуре раствора с концентрацией сульфата натрия 0,1 моль/л выпал осадок соли. Произведение растворимости образующейся соли:  $K_{\text{П}} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-5} (\text{моль/л})^2$ . Считать диссоциацию соли полной.

### Задания.

1. Напишите уравнения реакций образования соли.
2. Рассчитайте объем раствора сульфата натрия, необходимый для получения максимального количества осадка.
3. Перечислите (кратко) другие возможные пути решения задачи.

### Задача 8.

При нагревании 16,85 г ярко красного вещества А с 2,23 г порошка железа при 1000 К образовался твердый остаток Б и выделилось 3,04 л паров некоторого вещества Ж. (1000 К; 101,3 кПа). Длительное сплавление остатка Б с 21,63 г персульфата калия  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  при 650 К дало 2,51 л В (650 К; 101,3 кПа) и 23,54 г твердого остатка Г, водный раствор которого темнеет при добавлении 1 йодида калия.

Смесь В частично поглощается водным раствором аммиака с образованием темного осадка Д, который отделили фильтрованием. Темный фильтрат при кипячении образует бесцветный раствор Е. При добавлении к этому раствору избытка концентрированной азотной кислоты появился бурый газ и темносерые кристаллы.

Известно, что вещество А способно при нагревании обратимо изменить свой цвет на желтый.

1. Определите состав веществ А, Б, В, Г, Д.
2. Напишите все уравнения протекавших реакций.
3. Объясните происходящие изменения и подтвердите ответ расчетом.



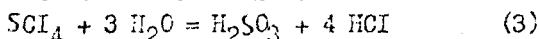
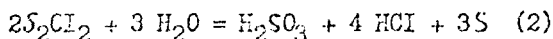
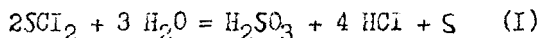
Решение задачи 1.

1.  $M_r(B) = 29 \cdot 2,2 = 64$ . Это соответствует относительной молекулярной массе оксида серы (IV), который способен выделяться при нагревании из кислого раствора.

2. Значит, вещество А, реагирующее с хлором и кислородом – сера.

3. Вещество В – хлорид серы. Им может быть:  $SCl_2$ ,  $S_2Cl_2$ ,  $SCl_4$ .

4. Уравнения реакций галогенидов серы с водой:



5. Для нахождения формулы хлорида серы следует учесть, что при взаимодействии его с водой выделяется  $3/4$  исходной навески серы. Этому условию удовлетворяет хлорид  $S_2Cl_2$  (см. уравнение 2).

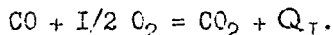
6. Из уравнения (2) следует, что только  $1/4$  часть серы, прореагировавшей с хлором, дает при взаимодействии с водой  $SO_2$ .

7. Таким образом, вещества: А – сера, Б –  $S_2Cl_2$ , В –  $SO_2$ .

Решение задачи 2.

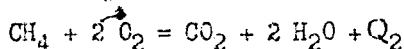
1. Общее число молей газов равно:  $1,792 : 22,4 = 0,08$  (моль).

2. Для определения  $Q_I$  произведем алгебраическое сложение уравнений образования  $CO$  и  $CO_2$  из простых веществ таким образом, чтобы получилось уравнение:



3. Находим  $Q_I$ :  $Q_I = 393,5 - 110,5 = 283$  (кДж/моль).

4. Аналогично для реакции:

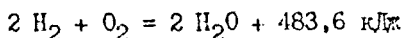


получим:  $Q_2 = 393,5 + 241,8 \cdot 2 - 74,8 = 802,3$  (кДж/моль).

5. Если число молей метана обозначить через "х", а число молей оксида углерода (II) через "у", то при их сгорании выделяется соответственно  $802,3x$  и  $283,0y$  кДж теплоты. Общее количество выделившейся теплоты равно:  $802,3x + 283,0y = 13,683$ .

6. Так как при добавлении водорода количество выделившейся тепло-

ты увеличилось, то в исходной смеси содержится избыток кислорода. Из уравнения



следует, что избыток кислорода в исходной смеси составляет

$$9,672 : 483,6 = 0,02 \text{ (моль)}.$$

7. Тогда 13,683 кДж соответствуют 0,06 моль (0,08 - 0,02) стехиометрической смеси, в которой число молей газов при горении метана составит  $(\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2) - 3x$  моль, а при горении СО:  $(\text{CO} + 1/2 \text{O}_2) - 1,5y$  моль.

8. Отсюда получаем систему уравнений:

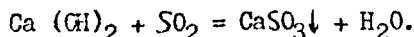
$$\begin{cases} 3x + 1,5y = 0,06 \\ 802,3x + 283y = 13,683 \end{cases}$$

Решая эту систему, находим:  $x = 0,01$ ;  $y = 0,02$ .

Таким образом в смеси содержалось: 0,01 моль  $\text{CH}_4$  или 0,224 л; 0,02 моль СО или 0,448 л и 1,12 л  $\text{O}_2$ .

### Решение задачи 3.

1. Осадок с известковой водой может образовать оксид серы (IV), выделяющийся при взаимодействии концентрированной серной кислоты с малоактивными металлами и неметаллами:



При взаимодействии концентрированной серной кислоты с активными металлами может выделяться сероводород, но сульфид кальция растворим в воде.

$$n(\text{CaSO}_3) = 5,1 : 120 = 0,0425 \text{ (моль)}.$$

2. Для одновалентного металла уравнение реакции:



Из этого уравнения находим молярную массу металла:

$$0,18 : 0,0425 \cdot 2 = 2,12 \text{ (г/моль)}.$$

Для 2, 3, 4-х-валентных металлов получаются, соответственно, 4,23; 6,36; 8,47 (г/моль). Металлов с такой молярной массой нет.

3. Значит вещество А - неметалл. Продуктом его окисления концентрированной серной кислотой является газ, взаимодействующий с известковой водой с образованием осадка. Веществом А может быть сера или углерод.

Для серы:  $S + 2 H_2SO_4 = 3 SO_2 + 2 H_2O$ .

$$\nu_{(s)} = 0,18 : 32 = 0,056 \text{ (моль)};$$

$$\nu_{(s)} = 0,056 \cdot 3 = 0,0168 \text{ (моль)};$$

$$m(CaSO_3) = 0,0168 \cdot 120 = 2,04 \text{ (г)}, \text{ что меньше } 5,1 \text{ г.}$$

Для углерода:  $C + 2 H_2SO_4 = 2 SO_2 + CO_2 + 2 H_2O$

$$\nu(CaCO_3) = \nu(C) = 0,18 : 12 = 0,015 \text{ (моль)}; m(CaCO_3) = 0,015 \cdot 100 = 1,5 \text{ (г)}.$$

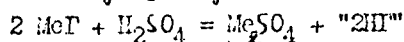
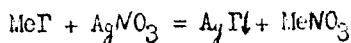
$$\nu(CaSO_3) = \nu(SO_2) = 0,03 \text{ (моль)}; m(CaSO_3) = 0,03 \cdot 120 = 3,6 \text{ (г)}.$$

Общая масса осадка равна:  $1,5 + 3,6 = 5,1 \text{ (г)}$ , что соответствует условию задачи.

Таким образом, вещество А - углерод.

#### Решение задачи 4.

1. Из стехиометрии реакции



следует:  $m_{AgT} + m_{Me_2SO_4} - m_{MeT} = m_{Ag_2SO_4} = B + C - A \text{ (г)}$ .

2.

$$\nu(Ag_2SO_4) = \frac{B + C - A}{M(Ag_2SO_4)} \text{ (моль)}$$

3. Так как число молей сульфата серебра равно числу молей сульфата щелочного металла, то

$$\frac{B + C - A}{M(Ag_2SO_4)} = \frac{C}{M(Me_2SO_4)}, \text{ отсюда}$$

$$M(Me_2SO_4) = \frac{C \cdot M(Ag_2SO_4)}{B + C - A}.$$

4. Находим молярную массу щелочного металла, обозначив ее через "Э".

$$2 Э + 96 = \frac{C \cdot M(Ag_2SO_4)}{B + C - A}, \text{ откуда } Э = \frac{C \cdot M(Ag_2SO_4)}{(B + C - A)} - 48.$$



а) для щелочного металла (уравнение 1):

$$\sqrt{(\text{Me}_2\text{O})} = 0,02 \text{ моль}; M(\text{Me}_2\text{O}) = 0,6 : 0,02 = 30 \text{ (г/моль)}.$$

$$M(\text{Me}) = (30 - 16) : 2 = 7 \text{ (г/моль)}. \text{ Me - литий, значит Б - } \text{Li}_2\text{O}.$$

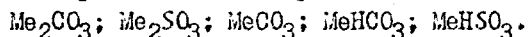
б) для щелочно-земельного металла (уравнение 2):

$$\sqrt{(\text{MeO})} = 0,02 \text{ моль}; M(\text{MeO}) = 30 \text{ г/моль}; M(\text{Me}) = 30 - 16 = 14 \text{ (г/моль)}$$

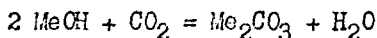
металла с такой молярной массой нет.

Таким образом, А - карбонат или сульфит лития и его количество 0,02 моль. При его разложении образуется 0,02 моль  $\text{Li}_2\text{O}$  и 0,02 моль  $\text{CO}_2$  или  $\text{SO}_2$ .

4. Вещество Д может быть растворимым гидроксидом, карбонатом или сульфитом. При его взаимодействии с оксидом углерода (IV) или оксидом серы (IV) может образоваться одно из веществ:



С учетом числа молей образующегося вещества (0,02 моль или 0,04 моль) и его массы (6,52 г) можно рассчитать молярную массу металла:



$$M(\text{Me}_2\text{CO}_3) = 6,52 : 0,02 = 326 \text{ (г/моль)}$$

$$M(\text{Me}) = (326 - 60) : 2 = 133 \text{ (г/моль)}. \text{ Металл - цезий.}$$

5. Аналогичные расчеты для других веществ дают значения молярных масс металла:

$$\text{Me}_2\text{SO}_3 \quad M(\text{Me}) = 123 \text{ г/моль}$$

$$\text{MeCO}_3 \quad M(\text{Me}) = 266 \text{ г/моль}$$

$$\text{MeSO}_3 \quad M(\text{Me}) = 246 \text{ г/моль}$$

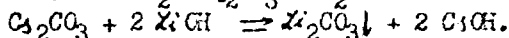
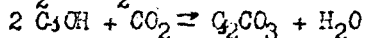
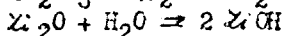
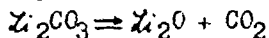
$$\text{MeHCO}_3 \quad M(\text{Me}) = 102 \text{ г/моль}$$

$$\text{MeHSO}_3 \quad M(\text{Me}) = 82 \text{ г/моль}$$

металлов с такими  
молярными массами  
нет.

Следовательно, А -  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ; Б -  $\text{Li}_2\text{O}$ ; В -  $\text{CO}_2$ ; Г -  $\text{LiOH}$ ; Д -  $\text{C}_2\text{OH}$ ; Е -  $\text{C}_2\text{CO}_3$ .

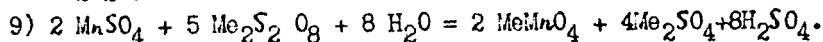
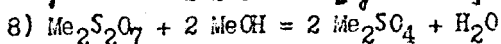
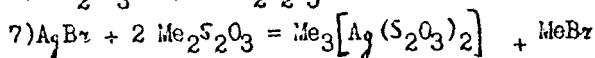
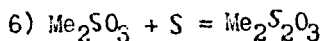
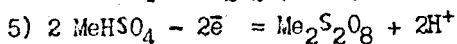
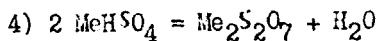
6. Уравнения реакций:



Решение задачи 6.

1.  $X=3$ ,  $\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_3$  - тиосульфат (2,6,7);  $X=7$ ,  $\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_7$  - пиросульфат (3,4,8);  $X=8$ ,  $\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_8$  - перосульфат (1,5,9).

2. Уравнения реакций:



$\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_7$  - дисульфат (пиросульфат)

$\text{Me}_2\text{S}_2\text{O}_8$  - пероксодисульфат (перосульфат).

## 9 КЛАСС

### Решение задачи I.

Первый метод:  $\text{TeO}_2 + 4\text{HCl} = \text{TeCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Извлечение теллура из раствора.

$2\text{SO}_2 + \text{TeCl}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Te} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{HCl}$ . Химическое восстановление теллура.

В подгруппе сера-теллур неметаллические свойства элементов убывают, в частности ослабевают кислотные свойства диоксидов. Диоксид теллура в данном случае реагирует как основной оксид. Кроме того, для степени окисления +4 в подгруппе растет окислительная способность и убывает восстановительная. Поэтому возможно восстановление теллура из его тетрахлорида диоксидом серы.

Второй метод:  $\text{TeO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{TeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Извлечение теллура в раствор. В данном случае диоксид теллура проявляет кислотные свойства.

### Электрохимическое восстановление теллура:

Катодные процессы.

Основной:  $\text{TeO}_3^{2-} + 4\bar{e} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Te} + 6\text{OH}^-$ .

Восстановление теллура происходит легко.

Побочный:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ .

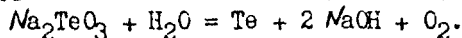
Анодные процессы (щелочь в избытке).

Основной:  $4\text{OH}^- - 4\bar{e} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Побочный:  $\text{TeO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- - 2\bar{e} = \text{TeO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ .

Окисление теллура происходит с трудом.

Суммарное уравнение основных электродных процессов:



### Решение задачи 2.

По числовым данным условия задачи найдем молярные отношения химических элементов, образующих эти соли. Массовые доли, выраженные в процентах, принимаются за массы элементов в расчете на 100 г искомого вещества.

Вещество А:

$$n(\text{Cu}) : n(\text{P}) = \frac{40}{64} : \frac{19,4}{31} = 0,625 : 0,625 = 1 : 1.$$

Такое отношение характерно для гидрофосфата меди  $\text{CuHPO}_4$ . Найдем суммарную массовую долю водорода и кислорода в этом веществе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{65 \cdot 40,0}{64} = 40,6 (\%)$$

Поскольку суммарный элементный состав соли составляет:

40,0 + 19,4 + 40,6 = 100 %, то формула вещества определена верно.

Вещество Б:

$$n(\text{Cu}) : n(\text{P}) : n(\text{N}) = \frac{32,8}{64} : \frac{15,9}{31} : \frac{7,2}{14} = 0,513 : 0,514 : 0,513 = 1 : 1 : 1.$$

Такое отношение характерно для фосфата меди-аммония  $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$ . Найдем суммарную массовую долю водорода и кислорода в этом веществе:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{68 \cdot 32,8\%}{64} = 34,9 \%$$

Суммарный элементный состав соли составляет:

$$32,8 + 15,9 + 34,9 = 90,8 \%$$

Отсюда следует, что в состав осадка входит 9,2 % кристаллизационной воды. По числу молекул воды это составляет:

$$\frac{64 \cdot 9,2\%}{32,8\% \cdot 18} = 1.$$

Таким образом, формула вещества Б:  $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  — моногидрат фосфата меди-аммония.

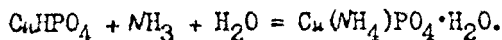
Образование веществ:

А:  $\text{CuO} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в избытке.

$2\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; нейтрализация избытка кислоты.

$\text{Cu}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{NH}_3 = \text{CuHPO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .

Б: Процесс идет по вышеизложенной схеме, но дополнительное количество аммиака приводит к дальнейшему превращению медной соли:



В:  $2\text{CuHPO}_4 = \text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$

$2\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; вещество В — пиррофосфат меди.

В работе исследовалась возможность получения ценного удобрения — аммофоса, обогащенного добавкой микроэлемента меди.

### Решение задачи 3.

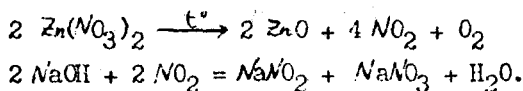
При прокаливании обеих солей А и Б образуются следующие про-



духти:  $ZnO$  — порошок белая и бесцветный газ, поддерживающий горение, вероятно  $O_2$ . Следовательно, это соли кислородсодержащих кислот. Веществ, имеющих бурую окраску, немного, например,

$NO_2$ ,  $Bz_2$ . При охлаждении  $NO_2$  конденсируется в жидкость и далее димеризуется с образованием бесцветных кристаллов, которые могут быть слабо окрашены примесью  $N_2O_3$ .  $2 NO_2 = N_2O_4$ .

В таком случае А — нитрат цинка.

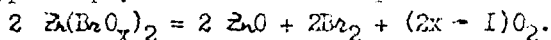


Проверяем это предположение: относительная молекулярная масса нитрата цинка = 189, относительная молекулярная масса  $NO_2$  = 46.

Пусть 2·189 г нитрата — 100 % массн  
тогда 4·46 г диоксида азота — x % массн,

x = 48,7 %, что соответствует условию.

Если бурные пары, выделившиеся при разложении соли Б, бром, то



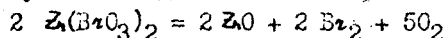
Определим, какая из солей кислородсодержащих кислот брома разлагалась. Пусть молекулярная масса соли x г, а брома — 160 г, тогда

x г соли — 100 %

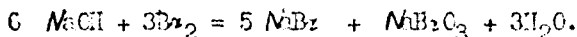
160 г брома — 48-50 % (если 48 %, то

x = 333 г, если 50 %, то 320 г). Итак, M (соли) = 320-333

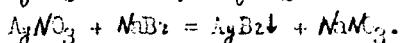
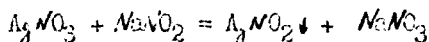
Существуют соли трех кислородсодержащих кислот брома:  $HBrO$ ,  $HBrO_3$  и  $HBrO_4$ , с молекулярными массами 257, 321, 353, соответственно. По условию подходит только бромат цинка.



и далее



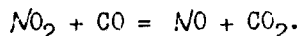
При действии нитрата серебра на продукт взаимодействия диоксида азота и брома со щелочью выпадают осадки желтоватого цвета:



Из уравнений видно, что из одного моля нитрата цинка образуется один моль и три моля натрия, а из одного моля бромата цинка образуется 5/3 = 1,7 моль бромата натрия. Во втором случае выделится

больше осадка, тем более, что нитрит серебра заметно растворим в воде, в отличие от бромидов. При недостатке нитрата серебра выделится по массе больше бромидов, так как его молекулярная масса больше.

#### Решение задачи 4.



$v = K_p P_{\text{NO}_2} \cdot P_{\text{CO}}$ . Скорость максимальна при  $P_{\text{NO}_2} = P_{\text{CO}_2}$ .

Так как  $P_{\text{NO}_2} = P_{\text{CO}}$ ;  $P'_{\text{NO}_2} \neq P'_{\text{CO}}$ , но  $P_{\text{NO}_2} + P_{\text{CO}} = P'_{\text{NO}_2} + P'_{\text{CO}}$ .  
 $P'_{\text{NO}_2} = 2P_{\text{CO}} - P'_{\text{CO}}$ .  $v = K_p P_{\text{CO}}^2$ ;  $v' = K_p (2P_{\text{CO}} - P'_{\text{CO}})P'_{\text{CO}}$ .

Так как при  $P_{\text{CO}} = P_{\text{NO}_2}$  скорость максимальна, то  $\frac{v'}{v} =$   
 $\frac{(2P_{\text{CO}} - P'_{\text{CO}})P'_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}}^2} = \frac{1}{10}$ ;  $2 \frac{P'_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}}} - \frac{(P'_{\text{CO}})^2}{P_{\text{CO}}^2} = \frac{1}{10}$ , или

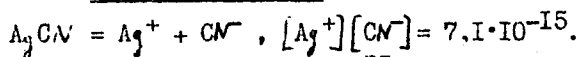
$2a - a^2 = 0,1$ , где  $a = P'_{\text{CO}}/P_{\text{CO}}$ .

Решаем уравнение  $a_1 = 0,052$ ;  $a_2 = 1,948$ .

Надо  $P_{\text{CO}}$  уменьшить в 19,231 раз, а  $P_{\text{NO}_2}$  увеличить в 1,948 раз.

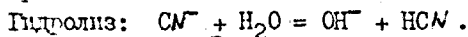
Или  $P_{\text{CO}}$  увеличить в 1,948 раз, а  $P_{\text{NO}_2}$  уменьшить в 19,231 раз.

#### Решение задачи 5.



$$[\text{CN}^-] = \frac{7,1 \cdot 10^{-15}}{2,52 \cdot 10^{-14}} = 2,82 \cdot 10^{-11}.$$

Концентрация ионов серебра оказалась на 7 порядков больше концентрации цианид-анионов. Очевидно, что большая часть цианид-анионов связана с компонентами системы. Это может произойти либо за счет гидролиза, либо за счет образования комплекса с цианидом серебра.



Так как  $[\text{CN}^-] \ll [\text{Ag}^+]$ , то гидролиз должен быть практически полным.

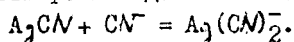
Значит,  $[\text{OH}^-] = [\text{HCN}] \approx [\text{Ag}^+] = 2,52 \cdot 10^{-4}$ .

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{2,52 \cdot 10^{-4}} = 0,397 \cdot 10^{-10}.$$

$$\text{Тогда } K_f(\text{HCN}) = \frac{0,397 \cdot 10^{-10} \cdot 2,82 \cdot 10^{-11}}{2,52 \cdot 10^{-4}} = 0,44 \cdot 10^{-17}$$

что не соответствует приведенному значению  $K_f(\text{HCN})$ .

Остается принять, что цианид-анионы практически полностью находятся в растворе в виде комплексного аниона:



Определим растворимость цианида серебра. Она равна  $2 \cdot 2,52 \cdot 10^{-4}$  моль/л или  $134 \cdot 2 \cdot 2,52 \cdot 10^{-4} = 0,068$  г/л.

#### Решение задачи 6.

Выводя уравнение зависимости оптической плотности от объема стандартного раствора  $A = 0,2V + 0,05$ , или используя метод наименьших квадратов, или построив график, находим, что  $A = 0,214$  и соответствует  $V = 0,82$  мл.

$$\begin{array}{rcl} 142 \text{ г } Na_2HPO_4 & - & 31 \text{ г P} \\ 0,230 \text{ г} & - & x \text{ г} \end{array} \quad x = 0,0502 \text{ г P.}$$

$$\frac{0,0502 \cdot 0,82}{100 \cdot 25} \quad \text{концентрация фосфора в г/мл.}$$

Усиление окраски необходимо для того, чтобы остаться в пределах линейной зависимости:  $A = f(V)$ .

$m$  – масса фосфора в материале.

$$\frac{\left( \frac{0,0502 \cdot 1,86}{100} + m \right)}{1001,86} \quad - \text{концентрация фосфора в определяемом растворе в г/мл.}$$

$$\frac{0,0502 \cdot 1,86}{100} + m = \frac{1001,86 \cdot 0,0502 \cdot 0,82}{100 \cdot 25}; \quad m = 0,0156 \text{ г.}$$

Находим формулу полупроводникового фосфида:

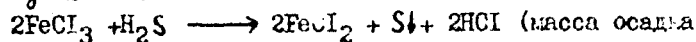
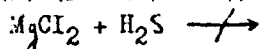
$$\frac{0,0156 \cdot 31}{31} = \frac{0,0505 - 0,0156}{M} n; \quad M = 23,12 n; \quad \text{при } n = 3$$

$M = 69,36$  г/моль. Формула:  $SaP$  (фосфид галлия).

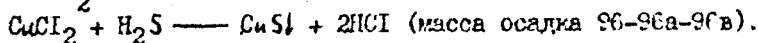
Комплекс  $[PmO_{12}O_{40}]^{3-}$ .

#### Решение задачи 7.

I. При добавлении сероводорода к смеси хлоридов: магния (а моль), железа (III) (в моль) и меди (II) (I-а-в моль)

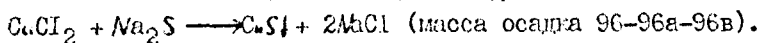
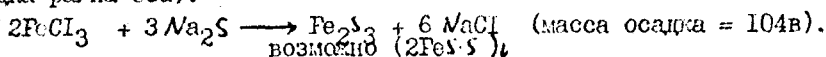
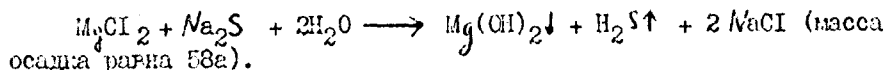


$$32 \cdot \frac{b}{2} = 16b).$$



Общая масса осадка:  $(96-96a-80b)$  г.

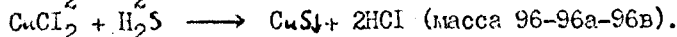
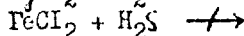
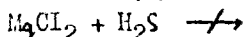
2. При добавлении сульфида натрия:



Общая масса осадка:  $(96+8в-38a)$  г.

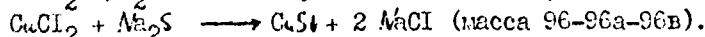
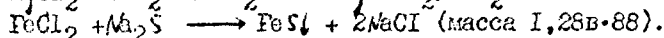
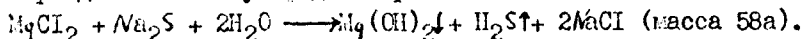
$$\frac{96 + 8в - 38a}{96 - 96a - 8св} = 2,51 \text{ (уравнение I)}.$$

3. При добавлении сероводорода к смеси хлоридов: магния (а моль), железа (II)  $(162,5/127)в = 1,28в$  и меди (II)  $(1-a-в)$  моль



Общая масса  $(96-96a-96в)$  г.

4. При добавлении сульфида натрия:



Общая масса:  $(96-38a+16,6в)$  г.

$$\frac{96 - 38a + 16,6в}{96 - 96a - 96в} = 3,36 \text{ (уравнение II)}.$$

5. Решаем систему уравнений (I) и (II):

$$a = 0,2 \text{ моль; } в = 0,5 \text{ моль; } с = 0,3 \text{ моль}$$



6. Находим состав смеси:

$$\omega(MgCl_2) = \frac{0,2 \cdot 95 \cdot 100 \%}{0,2 \cdot 95 + 0,5 \cdot 162,5 + 0,3 \cdot 135} = \frac{19 \cdot 100 \%}{140,75} = 13,50 \%$$

$$\omega(FeCl_2) = \frac{0,5 \cdot 162,5 \cdot 100 \%}{140,75} = \frac{81,25}{140,75} 100 \% = 57,73 \%$$

$$\omega(CuCl_2) = 100 - 13,50 - 57,73 = 28,77 \%$$

## 10 КЛАСС

### Решение задачи I.

Из данных элементного анализа можно рассчитать соотношение атомов в формуле соединения. В 1 г жидкости содержится:

$$\frac{0.9722 \cdot 2.016}{18.014} + \frac{0.1718 \cdot 1.008}{36.45} = 0.1135 \text{ г (H)}.$$

$$\frac{2.003 \cdot 12.011}{44.01} = 0.5467 \text{ г. (C)}.$$

$$\frac{0.1718 \cdot 35.543}{36.45} = 0.1671 \text{ г. (Cl)}.$$

$$1.000 - 0.1135 - 0.5467 - 0.1671 = 0.1727 \text{ г (O)}.$$

Брутто-формула:  $C_xH_yCl_nO_p$ .

$$\frac{0.5467}{12.011} : \frac{0.1135}{1.008} : \frac{0.1671}{35.453} : \frac{0.1727}{15.999} = x : y : n : p$$

$$0.04552 : 0.1126 : 0.0047 : 0.0108 = x : y : n : p.$$

$$9.685 : 23.96 : 1 : 2.298 = x : y : n : p$$

Подобрать такое соединение невозможно. Вероятнее всего, — это смесь, на что указывает и температура кипения.

Предположим сначала, что смесь состоит из двух компонентов. Возможно два варианта.

I. Cl и O присутствуют в одном соединении:

- хлорзамещенные спирты и кислоты ассоциированы (водородная связь), кипят при высокой температуре и растворяются в воде;
- хлорзамещенные альдегиды реагируют с  $Ca(CH_3)_2$ ;
- $\alpha$ -хлорзамещенные эфиры гидролизуются на холоду  $NaOH$ ;
- $\beta$ -хлорзамещенные эфиры имеют высокие температуры кипения.

Значит, невозможно подобрать такое соединение.

2. Cl и O присутствуют в различных соединениях:

- по тем же причинам, что в предыдущем варианте отбрасываются спирты, кислоты и альдегиды;
- из кислородсодержащих соединений подходят только простые эфиры. Иодэтан может дать только диэтиловый эфир;

в) сложные эфиры не подходят либо потому, что не образуют йодэтан, либо имеют высокую температуру кипения, либо реагируют с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (формиаты).

Остается диэтиловый эфир:

$$x : y : p = 4 : 10 : 1.$$

$$x : y : p = 9,192 : 22,98 : 2,298.$$

Для второго вещества остается:  $0,493 : 0,98 : 1 = x : y : n$

$$x : y : n = 1 : 2 : 2.$$

Из хлоросодержащих соединений подходят  $(\text{CH}_2\text{Cl}_2)_m$ , однако  $m > 1$  невозможно, так как температура кипения выше, чем у дихлорметана  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ( $40^\circ\text{C}$ ).

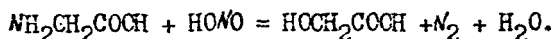
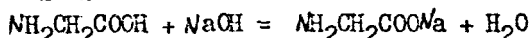
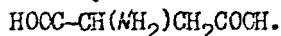
### Решение задачи 2.

1. Соединения А, Б и Ж – бифункциональные соединения, так как реагируют с кислотой и основанием. Они могут существовать в трех формах (катионной, анионной, нейтральной) и реагируют с азотистой кислотой. Значит, А и Б – аминокислоты, а Ж – дипептид (содержит суммарное (А+Б) количество углеродных атомов).

Рассмотрение возможных комбинаций (А содержит 1 углеродный атом, Б – 5; А – 2, Б – 4; А – 3, Б – 3), а также соотношение атомов кислорода в А и Б (1:2), позволяет установить:

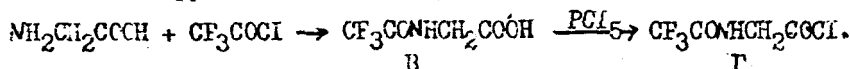
А – глицин (аминоуксусная кислота):  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ .

Б – аспарагиновая (2-аминобутандиовая) кислота:

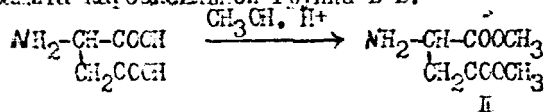


### 2. Схема получения Ж – пептидный синтез.

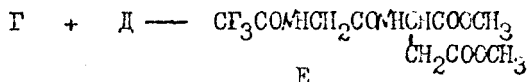
Защита аминогруппы, активация карбоксильной группы в А:



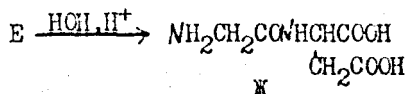
Защита карбоксильной группы в Б:



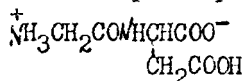
Образование пептидной связи:



Снятие защиты (выделение дипептида):



3. Вещество Ж электронейтрально в кислой среде:



### Решение задачи 3.

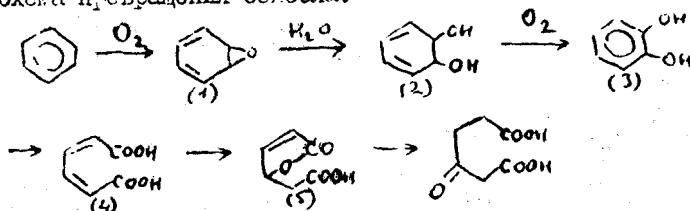
Соединение (3) – фенол. В соответствии с эмпирической формулой (3) – двухатомный фенол:  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ . Из трех его изомеров только орто– дает при нитровании два моонитросоединения. Таким образом, (3) – пирокатехин.

Эмпирическая формула соединения (1) соответствует одноатомному фенолу, но по условию кислород должен входить в состав цикла. Это возможно, если в первой стадии образуется трехчленное эпоксидное кольцо, включающее два углеродных атома бензольного кольца. Его гидролитическое расщепление приведет к ненасыщенному циклическому диолу (2).

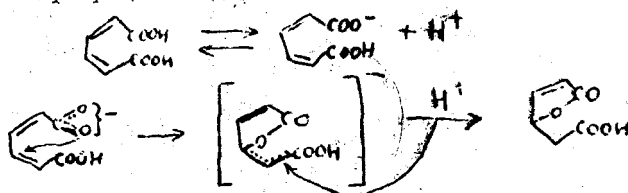
Соединение с одной этиленовой связью имеет два цис-транс-изомера. Чтобы их было три, в молекуле должны содержаться две этиленовые связи и заместители у концевых углеродных атомов должны быть такие же. В соответствии с эмпирической формулой для (4) возможна только структура бутадиев-1,4-дикарбоновой (муконо-вой) кислоты:  $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ . При окислительном расщеплении пирокатехина можно ожидать образования цис-цис-изомера этой кислоты. Рассмотрение циклических структур (циклобутен и др.) не дает требуемого числа цис-транс-изомеров.

При превращении (4) в (5) согласно условию должен образоваться цикл, содержащий атом кислорода, и исчезнуть одна карбоксильная группа. Этим условиям удовлетворяет внутримолекулярное нуклеофильное присоединение однократно ионизированной кислоты (4).

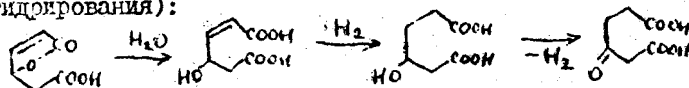
I. Схема превращения бензола.



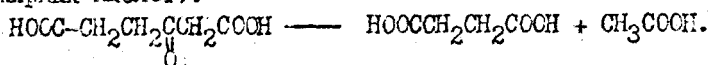
2. Превращение (4) в (5).



3. Превращение (5) в (6), вероятно, включает гидролиз внутреннего сложного эфира и последующие стадии восстановления и окисления (дегидрирования):



4. Отщепление двухуглеродного фрагмента от С-конца ( $\beta$ -окисление жирных кислот).



Решение задачи 4.

А -  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ ;

Б -  $\text{CaCO}_3$ ;

В -  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;

Г -  $\text{CH}_3\text{COSCH}_3$ ;

Д -  $\text{Cl}_2$ ;

Е -  $\text{HCl}$ ;

Ж -  $\text{CH}_3\text{COSCl}_3$ ;

З -  $\text{CHCl}_3$ ;

И -  $\text{COSCl}_2$ ;

К -  $\text{NH}_3$ ;

Л -  $\text{N}_2$ ;

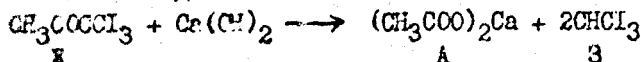
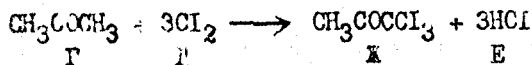
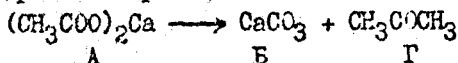
М -  $\text{H}_2$ ;

Н -  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ;

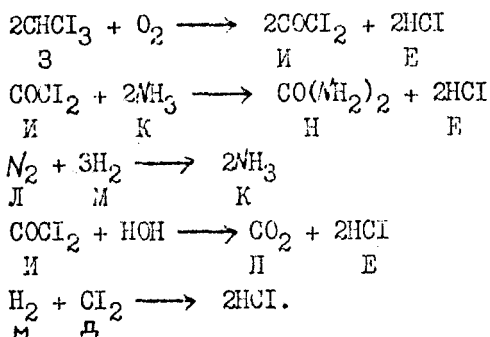
П -  $\text{CO}_2$ ;

Р -  $\text{NH}_4\text{Se}$

Уравнения реакции:

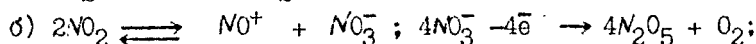
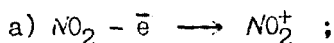






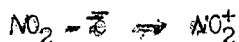
#### Решение задачи 5.

При электролизе на аноде возможны реакции:



в) окисление органического вещества А.

В реакции б) выделяется кислород, следовательно, возможны лишь процессы а) и в). Определим эквивалент А:  $268 \text{ гА} \cdot 10 \text{ г} = 2,68 \text{ А-час} = 0,1 \text{ Ф}$ ; прореагировало 7,8 г А. Значит, эквивалент А равен 78 г. Разность эквивалентов А и Б равна  $(123 - 78) = 45$ , что соответствует группе  $\text{NO}_2$ . Это наводит на мысль, что А – бензол, Б – нитробензол, а протекающая электрохимическая реакция – нитрование с электрохимической генерацией электрофила  $\text{NO}_2^+$ :



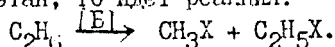
#### Решение задачи 6.

Насыщенный углеводород А может вступать в реакции замещения и подвергаться расщеплению по углерод-углеродной связи:

а) углеводорода А был взят избыток, значит, продукты В и Г могут быть лишь монозамещенными. Тогда углеводород А содержит два сорта атомов водорода, В и Г – соответствующие монозамещение. Но в этом случае они являются изомерами и после восстановления цинковой пылью должны давать одинаковые количества продуктов, способных реагировать с алкальным раствором оксида серебра (реактивом Толленса). Следовательно, этот вариант не подходит.

б) Одновременно протекает две реакции: расщепления и замещения. Только два продукта при этом могут дать лишь этан и циклоалканы (скорее всего, циклопропан).

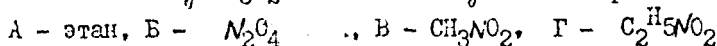
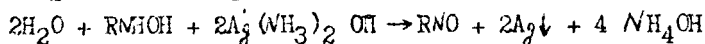
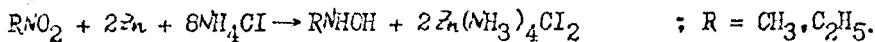
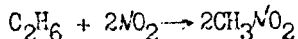
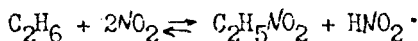
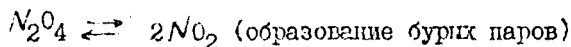
Если А - этан, то идет реакция:



Так как обработка реактивом Толленса приводит к одному и тому же осадку, следует предположить, что  $CH_3X$  и  $C_2H_5X$  вступали в аналогичные реакции, при этом отношение масс осадков равно отношению молярных масс  $CH_3X$  и  $C_2H_5X$ :

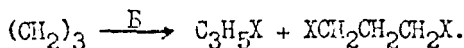
$$\frac{2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + X}{1 \cdot 12 + 3 \cdot 1 + X} = 1,23.$$

Отсюда  $X = 46$ , это  $NO_2$ . Следовательно, протекали реакции:



При другом соотношении масс осадков подходит вариант:

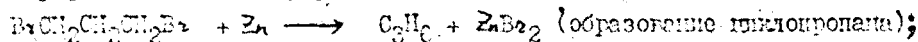
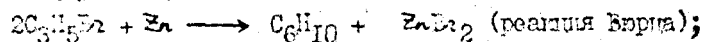
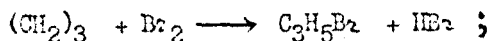
Если А - циклопропан, то идет реакция:

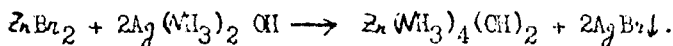


Отношение масс осадков равно отношению эквивалентов В и Г:

$$2 \cdot \frac{3 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + X}{3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot X} = 1,20.$$

Отсюда  $X = 80$ , жидкость В - бром. Протекали реакции:

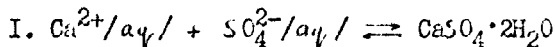




A - циклопропан, Б - бром, В - 1,3-дибромципропан, Г - бромциклопропан.

Предположения, что А является циклоалканом с числом атомов углерода в кольце большим, чем три, не приводят к разумному ответу.

#### Решение задачи 7.



2. Пусть добавлено  $V$  л 0,1 М  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , в осадок вышло  $x$  моль гипса. В растворе над осадком:

$$[\text{Ca}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

$$n(\text{Ca})_{\text{общ.}} = n(\text{Ca})_{\text{осадок}} + n(\text{Ca})_{\text{р-р}} = C_{\text{исх}} \cdot V_{\text{исх}} = 0,01 \text{ моль.}$$

$$\begin{aligned} n(\text{Ca})_{\text{р-р}} &= [\text{Ca}^{2+}] \cdot V_{\text{р-ра}} = \frac{10^{-5}}{[\text{SO}_4^{2-}]} V_{\text{р-ра}} = 10^{-5} \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot \frac{V_{\text{р-ра}}}{n(\text{SO}_4^{2-})_{\text{р-р}}} = \\ &= 10^{-5} \cdot \frac{(V + 0,1)^2}{0,1V - x}; \end{aligned}$$

$$0,01 = x + 10^{-5} \cdot \frac{(V + 0,1)^2}{0,1V - x} \quad (1)$$

Найдем максимум  $x = x(V)$ :

$$\left. \frac{dx}{dV} \right|_{V=V_{\text{max}}} = 0; \text{ можно показать, что } \left. \frac{d^2x}{dV^2} \right|_{V=V_{\text{max}}} < 0.$$

$$(x - 0,01)(0,1V - x) + 10^{-5}(0,1 + V)^2 = 0.$$

$$dx(0,1V - x) + (x - 0,01)(0,1dV - dx) + 10^{-5} \cdot 2 \cdot (0,1 + V)dV = 0$$

$$(0,1V - 2x + 10^{-2}) \frac{dx}{dV} + (0,1x + 2 \cdot 10^{-5}V - 9,98 \cdot 10^{-4}) = 0$$

$$0,1x + 2 \cdot 10^{-5}V - 9,98 \cdot 10^{-4} = 0 \quad (\text{т.к. в точке экстремума } \frac{dx}{dV} = 0)$$

$$x_{\text{max}} = 9,98 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-4} V_{\text{max}} \quad (2)$$

Решаем совместно уравнения (1) и (2). Получаем:

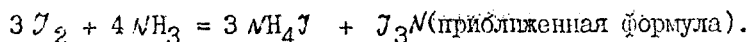
$$V_{\text{max}} = 300 \text{ мл, } x = 9,92 \cdot 10^{-3} \text{ моль и } m_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 1,71 \text{ г.}$$

3. Для решения задачи также возможно использование графического метода: построение графика зависимости массы осадка от количества добавленного раствора сульфата натрия и отыскание точки максимума.

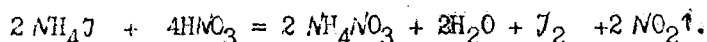
### Решение задачи 8.

Количества данных веществ: железа  $\frac{2,23}{55,8} = 0,0400$  моль,  
 персульфат калия  $\frac{21,63}{270,4} = 0,0800$  моль; вещества Ж  $n = \frac{p \cdot V}{RT} =$   
 $= \frac{101,3 \cdot 3,04}{8,31 \cdot 1000} = 0,037$  моль и вещества В  $n = \frac{101,3 \cdot 2,51}{8,31 \cdot 650} = 0,0471$  моль

Так как вещество Ж образуется из вещества А, отношение количеств вещества Ж и вещества А должно быть небольшим целым числом, и разницу в количествах газов ( $0,0471 - 0,0371 = 0,0100$  моль) нельзя связать имеющимся количеством железа. Поскольку в исходную смесь входит только железо и персульфат, являющийся при нагревании сильным окислителем, вещество Г, вероятно, — сульфат железа (III). На это указывает выделение йода из раствора йодида калия (потемнение раствора). Веществом В, который из аммиачного раствора выделяет темно-коричневый осадок, может быть испаренный йод.



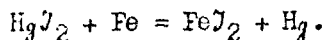
Это согласуется с реакцией с концентрированной азотной кислотой.



Из этого следует, что вещество А содержит йод.

Красный йодид, который при нагревании обратимо становится желтым — йодид ртути (II).

При нагревании исходных веществ протекает реакция:

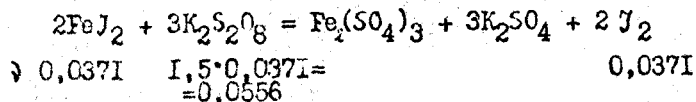


Таким образом, вещество Ж — это ртуть.

Масса  $0,0371 \cdot 454,3 = 16,85$  соответствует условиям задачи.

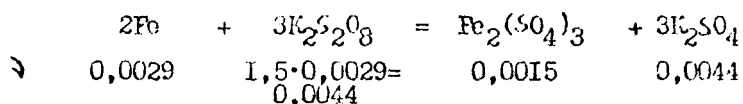
На это расходуется  $0,0371$  моль железа. Столько же образуется йодида железа (II) и остается  $0,0400 - 0,0371 = 0,0029$  моль железа.

При нагревании остатка Г с персульфатом калия протекает реакция:



Количество сульфата железа (III)  $0,5 \cdot 0,0371 = 0,0185$  моль, а сульфата калия  $1,5 \cdot 0,0371 = 0,0556$  моль.

Ртуть так считается:

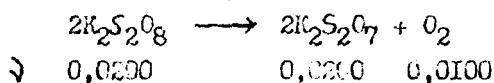


Общее количество сульфата железа (III):  $0,0185 + 0,0015 = 0,0200$  моль,  
а его масса -  $0,0200 \cdot 399,9 = 7,998$  г.

Общее количество сульфата калия:  $0,0556 + 0,0044 = 0,0600$  моль,  
а его масса -  $0,0600 \cdot 174,2 = 10,452$  г.

Персульфата осталось  $0,0800 - (0,0556 + 0,0044) = 0,0200$  моль.

При нагревании он разлагается:



Масса пиросульфата калия  $0,0200 \cdot 254,3 = 5,086$  г.

Сумма масс сульфата железа (III), сульфата калия и пиросульфата калия:  $7,998 + 10,452 + 5,086 = 23,54$  г, что соответствует условию задачи.

Сумма количеств испаренного воды и кислорода

( $0,0371 + 0,0100 = 0,0471$  моль) также соответствует данному условию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении составители и редактор сборника задач считают своим приятным долгом поблагодарить членов методической комиссии Московской городской и областной химической олимпиады за большую и плодотворную работу по составлению задач районного и городского туров химической олимпиады, за постоянное внимание к проблемам повышения внеаудиторной активности в области химии и большую работу по пропаганде химических знаний среди школьников и учителей химии в г.Москве и Московской области:

канд.пед.наук Р.П.СУРОВЦЕВУ – зав.кабинетом химии Московского городского института усовершенствования учителей;

Н.Н.ВЕДЕНЯПИНУ – зав.кабинетом химии Московского областного института усовершенствования учителей;

канд.хим.наук Г.Н.БЕСПАЛОВА – доцента Московского института Химического машиностроения;

канд.хим.наук В.В.ДИКОПОЛОВУ – ассистента Московского Химико-технологического института;

канд.хим.наук А.В.ШИШИНА – преподавателя Московского государственного Педагогического института;

канд.хим.наук Н.М.КЛИМЕНКО – старшего научного сотрудника Московского института Тонкой Химической Технологии;

А.В.ДРОЗДОВУ – учителя химии школы № I г.Москвы;

Н.С.ШЕЛКОВИНУ – учителя химии школы № 624 г.Москвы;

канд.хим.наук А.Н.БИРОВА – ассистента Химического факультета МГУ;

канд.хим.наук С.В.ПЕТРОВА – доцента ВЗПИ.

Считаем также необходимым выразить свою искреннюю признательность и благодарность рецензентам настоящего сборника: канд.хим.наук, старшему преподавателю кафедры органической химии химического факультета МГУ С.С.Чуранову; канд.хим.наук, доценту кафедры общей химии ВЗПИ С.В.Петрову и канд.пед.наук, зав.кабинетом химии МГИУ Р.П.Суровцевой за просмотр рукописи и сделанные замечания и пожелания.



Зак. № 142 от 05.05.88, тир. 1000 экз.  
Множительная лабо-рия хим. ф-та МГУ