

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»**

2013-2014 учебный год

9 класс



CoolClips.com

I. Задача про борьбу с вампирами (20 баллов).

Преследуя клан особо опасных вампиров, доктор Ван Хельсинг истратил все серебряные пули и, чтобы пополнить боеприпасы, он под покровом ночи решил пробраться в химический класс городской гимназии, надеясь выплавить серебро из того, что попадет под руку. А под руку ему попался позаимствованный в одном из минералогических музеев килограммовый образец серебросодержащей руды науманита (*поскольку в условии уже есть фантастически-чудесное допущение про вампиров, введем еще одно – в образце этой руды не было пустой породы*). Известно, что науманит представляет собой бинарное соединение, содержание серебра в котором составляет 73,2 %.

? 1. *Определите формулу науманита.*

? 2. *Предложите способ получения серебра из науманита за минимальное количество стадий с помощью реагентов, которые могут присутствовать в гимназическом классе (электролиз исключаем – у доктора Ван Хельсинга нет времени на проведения этой чрезвычайно долгой процедуры, а в гимназии – оборудования для электролиза); если Вы не ответили на первый вопрос, предложите отвечающий аналогичным условиям способ получения серебра из кераргирита – $AgCl$.*

? 3. *На сколько вампиров хватит Ван Хельсингу боеприпасов, полученных из килограмма науманита, если доктор добился 80 %-ной степени извлечения серебра из минерала, масса серебряной пули равна 14 граммам, Ван Хельсинг попадает в кровососа минимум два раза из трех, при этом из-за высокой токсичности серебра для вампиров и того, что оно моментально успокаивает вампиров, каждое попадание для вампира смертельно.*

? 4. *Каким способом (который, правда, нельзя использовать в условиях гимназического класса) можно оптимизировать расход серебра на противовампирские боеприпасы.*



II. Задача про «превращение кислоты в воду» (20 баллов).

Неприятные ощущения, которые мы называем изжогой, представляют собой результат воздействия кислоты желудочного сока на слизистую оболочку пищевода. В соответствии с

этим для избавления от изжоги необходимо нейтрализовать кислоту, содержащуюся в желудочном соке. Известное антацидное средство (средство от изжоги) «Гастал» выпускается в таблетках, которые содержат 0,750 г действующего вещества, представляющего собой смесь гидроксидов алюминия и магния.

? 1. Предположив, что единственным кислым компонентом желудочного сока является хлороводород (что, впрочем, недалеко от истины), запишите реакции (в молекулярном и сокращенном ионном виде), которые лежат в основе избавления от изжоги в результате приема «Гастала».

Действующими веществами другого антацидного средства, «Ренни», являются карбонаты кальция и магния.

? 2. Запишите реакции (в молекулярном и сокращенном ионном виде), которые лежат в основе избавления от изжоги в результате приема «Ренни».

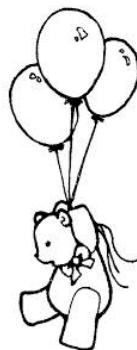
? 3. В двух-трех предложении мотивированно объясните, какой из двух препаратов – «Ренни» или «Гастал» – может вызвать большее количество неприятных побочных эффектов у человека.

Помимо действующих веществ в составе любого лекарственного препарата есть вспомогательные вещества, не оказывающие терапевтического эффекта

? 4. В двух-трех предложениях поясните, какую роль могут играть вспомогательные вещества и приведите пример хотя бы одного из них (не обязательно входящего в состав «Гастала» или «Ренни»).

Одна таблетка «Гастала» может нейтрализовать 0,02765 моль HCl.

? 5. Определите, сколько гидроксида алюминия и сколько гидроксида магния входит в состав одной таблетки «Гастала» (в граммах).



III. Задача про газовую смесь (20 баллов).

Газообразную смесь объемом 21,28 л (н.у.) последовательно пропустили через трубки с оксидом фосфора(V) и гидроксидом натрия, при этом массы трубок увеличились на 1,35 г и 33,01 г соответственно. Оставшийся газ представляет собой индивидуальное вещество, и его масса составляет 4,99 г.

?1. Определите качественный и количественный состав исходной газообразной смеси, ответ подтвердите расчетами и уравнениями реакций. Дополнительно известно, что два компонента газовой смеси участвуют в процессе фотосинтеза.

?2. Опишите, как изменится наблюдаемая картина, если поменять последовательность пропускания смеси газов через трубки с реагентами.

?3. Что такое негашеная известь? Можно ли ей заменить какой-либо из использованных реагентов? Ответ подтвердите уравнениями реакций.



IV. Задача про химические реакции (20 баллов).

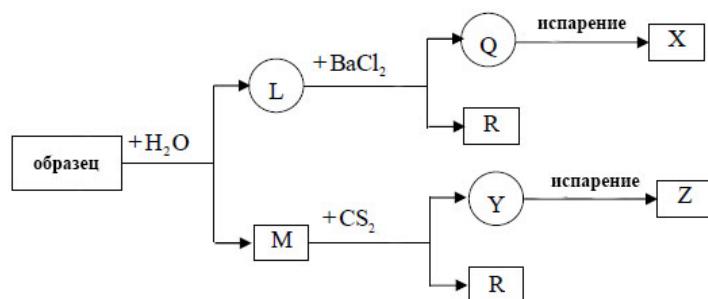
Завершите уравнения химических реакций, дописав продукты и расставив коэффициенты. Учтите, что в реакциях (8)-(10) пропущено только по одному веществу (отображены многоточиями), а в реакциях (1)-(7) справа от стрелки может быть любое (но разумное) количество продуктов.

1. $\text{Zn} + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow$
2. $\text{Ga} + \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow$
3. $\text{SiH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
4. $\text{N}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow$
5. $\text{AlCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
6. $\text{As}_2\text{O}_5 + \text{NaOH} \rightarrow$
7. $\text{Fe} + \text{CO} \rightarrow$
8. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots + \text{NaCl} + \text{HCl}$
9. $\text{FeO} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{MnSO}_4 + \text{NaNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{MnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \dots + \text{CO}_2$



V. Задача на тему различных соединений серы (20 баллов).

Твердый образец представляет собой смесь серы, сульфата аммония, сульфата калия и сульфата бария. Эту смесь обрабатывают в соответствии со схемой, приведенной ниже (на схеме знаком прямоугольника обозначено твердое вещество, кружком – раствор):



? 1. Определите вещества R , X и Z . Запишите уравнения реакций, которые могут протекать в данном процессе разделения.

Бинарное соединение серы с водородом A содержит 1,55 % водорода.

? 2. Определите простейшую формулу соединения A .

? 3. Исходя из того, что в соединении A сера проявляет только валентность 2, водород – валентность 1, а между атомами серы реализуются только одинарные связи, определите молекулярную формулу A и изобразите его структурную формулу.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия» (Решения)**

2013-2014 учебный год

9 класс

I. Задача про борьбу с вампирами – решение.

1. Минералами и рудами могут быть вещества, обладающие низкой химической активностью и низкой растворимостью в воде. Из бинарных соединений серебра этими свойствами отличаются галогениды серебра общей формулой AgX и его халькогениды с формулой Ag_2X . Для формулы AgX получаем $A(\text{X}) = 39,5$ а.е.м., что не соответствует чему-то реальному, для формулы Ag_2X – $A(\text{X}) = 79$ а.е.м. – селен, тогда формула науманита (точнее – его минералообразующего компонента) – Ag_2Se .
2. Самый простой метод получения серебра из науманита, как и из других халькогенидов (сульфида или теллурида), – обжиг, в результате которого образуется металлическое серебро и оксид селена(IV), который благодаря относительно невысокой температуре кипения отойдет с парами воздуха, а в твердом остатке оказывается металлическое серебро: $\text{Ag}_2\text{Se} + \text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{SeO}_2$; хлорид серебра можно разложить, просто сфокусировав на нем свет: $2\text{AgCl} = 2\text{Ag} + \text{Cl}_2$
3. Из 1000 грамм науманита теоретически можно выделить 732 грамма серебра (по процентному содержанию серебра), с учетом выхода – 586 грамм, это 41 пуля или с учетом меткости Ван Хельсинга – 27 убитых кровососов.
4. Если главное в серебряных пулях – токсичность серебра для вампиров, причем при попадании в них серебра вампиры уничтожаются мгновенно, за поражающее действие отвечает только поверхность пули, а значит можно взять и посеребрить пулю (то есть нанести на нее слой серебра). Это можно сделать, например, электрохимически.

II. Задача про «превращение кислоты в воду» – решение.

1. $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (молек.) $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ (сокр. ионн.)
 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (молек.) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ (сокр. ионн.)
2. $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (молек.) $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (сокр. ионн.)
 $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (молек.) $\text{MgCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (сокр. ионн.)
3. Для здорового человека большее количество неприятных ощущений создаст «Ренни», поскольку нейтрализация кислоты этим препаратом идет с выделением углекислого газа, что будет приводить к вздутию пищевода и отрыжке, причем для людей с гастритом и более серьезными проблемами пищевода это не просто неприятно, но и опасно – есть риск разрыва пищевода (именно поэтому народно-медицинский рецепт «гасить изжогу содой желательно не применять на практике никогда»). Для людей с нарушениями со стороны почек и печени оба препарата малоприятны, так как возникнут проблемы с выведением ионов кальция и магния через фильтрующую систему. Для людей, страдающих болезнью

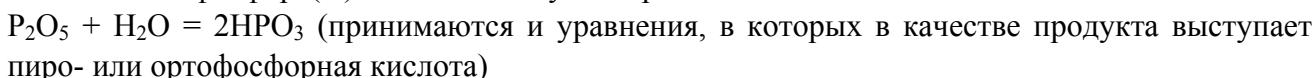
Альцгеймера, предпочтительнее «Ренни», поскольку алюминий способствует развитию этого заболевания.

4. Вспомогательные вещества нужны в лекарстве для того, чтобы действующее вещество можно было использовать в желаемом виде (например, в виде таблетки, мази, аэрозоли). Вспомогательные вещества побочных действий не вызывают, не считая исключительных случаев, когда человек сверхчувствителен в отношении конкретного вспомогательного вещества (лактоза, ореховое масло, различные виды сахара). Разрешённые к использованию в составе лекарств вспомогательные вещества должны быть качественными и должно быть доказано, что они в случае данного вида применения являются безопасными. Разрешённое в лекарстве вспомогательное вещество не должно негативно влиять на свойства лекарства.

5. Обозначим количество Al(OH)_3 в таблетке «Гастала» за x моль, тогда на него будет приходиться масса $78x$ грамм (количество умножить на молярную массу); а количество Mg(OH)_2 – за y моль, тогда масса гидроксида магния – $58y$ грамм, $78x + 58y = 0,750$. С помощью x моль гидроксида алюминия можно нейтрализовать $3x$ моль хлороводорода, а с помощью y моль гидроксида магния – $2y$ моль HCl , отсюда второе уравнение системы: $3x + 2y = 0,02765$. Решая систему из двух уравнений с двумя неизвестными, в результате получим $m(\text{Al(OH)}_3) = 0,450$ грамма, $m(\text{Mg(OH)}_2) = 0,300$ грамма.

III. Задача про газовую смесь – решение.

1. С оксидом фосфора(V) взаимодействуют пары воды:



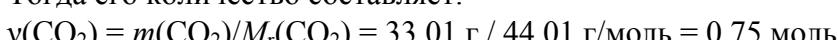
Количество воды в исходной смеси:

$v(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1,35 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,075 \text{ моль}$. Это количество соответствует объему 1,68 л, что эквивалентно объемной доли паров воды 7,9 %.

С гидроксидом натрия может взаимодействовать какой-либо кислотный оксид. Из подсказки ясно, что это углекислый газ.



Тогда его количество составляет:



Это количество соответствует объему 16,8 л, что эквивалентно объемной доли углекислого газа 79,0 %.

Объем третьего компонента составляет:

$$21,28 \text{ л} - 1,68 \text{ л} - 16,8 \text{ л} = 2,8 \text{ л},$$

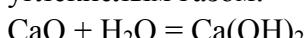
что дает 13,1 % от объема всей смеси и соответствует 0,125 молям газа. Тогда молярная масса газа составляет:

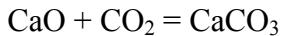
$$M_r = m/v = 4,99 \text{ г} / 0,125 \text{ моль} = 39,92 \text{ г/моль}$$

Эта молярная масса соответствует аргону.

2. Если исходную смесь пропустить через трубы в обратной последовательности, то будет наблюдаться следующая картина: масса первой трубы с гидроксидом натрия увеличится на 34,36 г за счет поглощения паров воды и углекислого газа, а масса второй трубы с оксидом фосфора(V) не изменится. Непрореагировавшими останутся 4,99 г аргона.

3. Негашеная известь – оксид кальция CaO . Он может взаимодействовать как с водой, так и с углекислым газом:





Поведение негашеной извести похоже на поведение гидроксида натрия, который может взаимодействовать с углекислым газом, а также поглощать воду из-за своей гигроскопичности. Поэтому негашеной известью можно заменить гидроксид натрия.

IV. Задача про химические реакции – решение.

1. $5\text{Zn} + 12\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 5\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (можно принять варианты с образованием N_2O или NH_4NO_3)
2. $2\text{Ga} + 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$
3. $\text{SiH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{H}_2$
4. $\text{N}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{CO}_2$
5. $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
6. $\text{As}_2\text{O}_5 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAsO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Fe} + 5\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5$
8. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} + 6\text{HCl}$
9. $3\text{FeO} + 4\text{KNO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow 3\text{K}_2\text{FeO}_4 + 4\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{MnSO}_4 + 2\text{NaNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{MnO}_4 + 2\text{NaNO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

V. Задача на тему различных соединений серы – решение.

1. При обработке образца водой в раствор **L** перейдут сульфаты аммония и калия, в осадке **M** останутся сульфат бария и сера. При обработке осадка **M** сероуглеродом в раствор **Y** перейдет сера (она состоит из неполярных молекул S_8 , которые легко растворяются в неполярных растворителях, таких, как сероуглерод), осадок **R** – сульфат бария. После испарения сероуглерода можно выделить элементную серу S_8 .

Обработка раствора сульфатов калия и аммония хлоридом бария приведет к протеканию реакций ионного обмена:



таким образом, осадок **R** – сульфат бария, в растворе **Q** – хлориды калия и аммония. В твердой фракции **X** может быть либо смесь хлоридов калия и аммония (если испарение растворителя шло при низкой температуре – медленно при обычном давлении или быстро при разрежении) или только хлорид калия, если для испарения растворителя повышали температуру – в этих условиях хлорид аммония претерпит термическое разложение: $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$

2. Бинарное соединение – соединение, состоящее только из атомов двух химических элементов, его состав H_xS_y . По процентному содержанию водорода и серы находим простейшую формулу **A** – HS_2 .

3. Опираясь на валентные свойства атомов серы и водорода, входящих в состав **A**, можно приписать веществу только одну правильную структурную формулу – $\text{H}-\text{S}-\text{S}-\text{S}-\text{H}$. Молекулярная формула **A** – H_2S_4 . Это тетрасульфан.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»**

2013-2014 учебный год

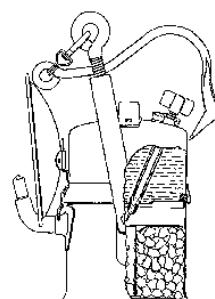
10 класс



I. Задача про зубную пасту с активным фтором (20 баллов).

При изготовлении зубных паст «с активным фтором» в качестве источника фтора, как правило, используются фторфосфат натрия Na_2PO_3F и фторид натрия. Общее содержание фтора в некоторой марке зубной пасты составляет 0,100 % (по массе), входящий в ее состав фтор поровну распределен между фторфосфатом натрия и фторидом натрия.

- ? 1. Изобразите структурную формулу фторфосфат-аниона (PO_3F^{2-}).
- ? 2. Определите процентное содержание фторида натрия и фторфосфата натрия в этой марке зубной пасты (по массе).
- ? 3. Назовите еще один (достаточно одного названия) фторсодержащий материал, с которым Вы можете встретиться в быту, приведите его структурную формулу.
- ? 4. У молекул фторидов с ковалентной связью элемент-фтор могут быть самые различные формы. Предскажите, какой формой могут обладать следующие фториды: BF_3 , CF_4 , XeF_2 и XeF_4 , – укажите, какие значения валентного угла реализуются в этих соединениях.



II. Задача про карбид кальция (20 баллов).

Впервые CaC_2 был получен в 1862 г. Ф. Вёлером с помощью нагревания сплава цинка и кальция с углём. Хорошо известно, что карбид кальция при взаимодействии с водой разлагается.

- ? 1. Изобразите структуру CaC_2 .
- ? 2. Запишите уравнение взаимодействия воды с карбидом кальция.
- ? 3. Какой метод применяют для синтеза карбида кальция в настоящее время? Запишите уравнение реакции.

Сам по себе ацетилен представляет собой газ без запаха, однако при погружении карбида кальция в воду выделяется газ с резким запахом.

- ? 4. В двух фразах объясните неприятный запах ацетилена, полученного из промышленного карбида кальция, проиллюстрировав это соответствующей реакцией.

- ?5. В каких условиях ацетилен присоединяет воду к тройной связи? Имя какого русского химика носит эта реакция? Запишите уравнение протекающей реакции.
- ?6. Какой класс карбонильных соединений образуется при взаимодействии алкинов с водой? Какие два правила при этом выполняются? Запишите уравнение реакции.



III. Задача проmonoхлорпроизводные алканов (20 баллов).

Алканы C_nH_{2n+2} могут реагировать с хлором Cl_2 при облучении ультрафиолетом. Эта реакция протекает по механизму свободнорадикального замещения и, как правило, приводит к образованию изомерных продуктов хлорирования, причем скорость замещения различается для различных типов связей C–H.

Так, если скорость замещения водорода у первичного атома углерода $*C$ –H принять за 1,0, то скорость замещения водорода у вторичного атома углерода $**C$ –H равна 3,8, а у третичного $***C$ –H – 5,2.

2,5-Диметилгексан обработали эквимолярным количеством хлора при облучении ультрафиолетом.

? 1. Изобразите структурную формулу 2,5-диметилгексана.

? 2. Запишите структурные формулы всех возможных продуктов monoхлорирования 2,5-диметилгексана и назовите их по номенклатуре IUPAC.

? 3. Исходя из допущения, что в результате реакции образовались только изомерные monoхлорпроизводные, рассчитайте процентное содержание (в мольных процентах) всех образовавшихся monoхлорпроизводных.

Изомер 2,5-диметилгексана при свободнорадикальном хлорировании эквимолярным количеством хлора образует только одно monoхлорпроизводное.

? 4. Запишите структурную формулу этого изомера 2,5-диметилгексана и продукта его monoхлорирования, назовите оба соединения по номенклатуре IUPAC.



IV. Задача про нетипичные предельные соединения (20 баллов).

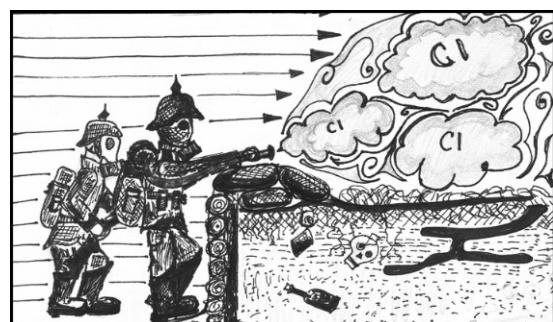
Изомерия (от др. греч. ἴσος – «равный», μέρος – «доля, часть») – явление, заключающееся в существовании химических соединений (изомеров), одинаковых по составу и молекулярной массе, но различающихся по строению или расположению атомов в пространстве и,

вследствие этого, по свойствам. Существуют различные типы изомерии. Например, для предельных углеводородов характерна изомерия углеродного скелета.

?1. Какие типы изомерии характерны для алканов?

?2. Определите структуру вещества с брутто-формулой C_3H_6 , если известно, что это предельный углеводород.

?3. Предложите структуру соединений **A**, **B**, **C**, **D** в следующей схеме превращений. Запишите уравнения реакции. Назовите образующиеся соединения по систематической номенклатуре:



V. Задача про галогены и псевдогалогены (20 баллов).

Имеются шесть кислот **A–F** общей формулы HX (где X – анион кислотного остатка). Соединения **A**, **B** и **C** являются бинарными, причем содержание водорода в них составляет 2,76 %, 1,25 % и 0,79 % (по массе) соответственно. В соединениях **D**, **E** и **F** содержатся углерод и азот, а их содержания составляют 44,44 %, 27,92 % и 20,33 % (для углерода) и 51,83 %, 32,55 % и 23,71 % (для азота) соответственно. Все шесть кислот могут взаимодействовать с гидроксидом калия, образуя соли общей формулы KX . Все получающиеся соли дают осадки при взаимодействии с раствором нитрата серебра. Калиевые соли, полученные из соединений **C**, **D** и **F**, могут взаимодействовать с раствором сульфата меди(II), при этом образуются осадки CuX .

?1. Определите соединения **A–F** и запишите уравнения всех упомянутых реакций.

?2. Приведите структуры двух изомеров, в виде которых соединение **E** находится в водном растворе.

Осадки, полученные взаимодействием нитрата серебра с калиевыми солями кислот **C**, **D** и **F**, могут растворяться в избытке соответствующих солей.

?3. Напишите уравнения упомянутых реакций, если дополнительно известно, что в образующихся соединениях соотношение калия и серебра составляет 1:1 (по молям).

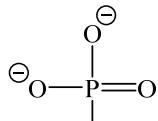
?4. Напишите уравнение реакции разложения калиевой соли кислоты **E** в водном растворе, учитывая, что в результате реакции выделяется аммиак.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия» (Решения)**

2013-2014 учебный год

10 класс

I. Задача про зубную пасту с активным фтором – решение.



1. $\begin{array}{c} \text{O}^\ominus \\ | \\ \text{O}^\ominus-\text{P}=\text{O} \\ | \\ \text{F} \end{array}$ – структура фторфосфат-аниона.

2. Возьмем массу пасты равной 100 грамм, в ней содержится 0,05 грамм фтора (2,63 ммоль) в составе NaF и столько же фтора в составе $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$.

Масса фторида натрия определяется по формуле $m(\text{NaF}) = M_r(\text{NaF}) \times v(\text{NaF}) = 2,63 \text{ ммоль} \times 42 \text{ г/моль} = 110,5 \text{ мг}$

Масса фторфосфата натрия определяется по формуле $m(\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}) = M_r(\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}) \times v(\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}) = 2,63 \text{ ммоль} \times 144 \text{ г/моль} = 378,7 \text{ мг}$

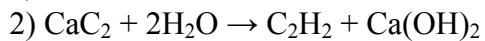
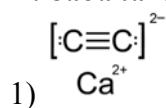
Процентное содержание фторида натрия и фторфосфата натрия составит, соответственно, 0,1105% и 0,3787%.

3. Фторсодержащие материалы, с которыми можно встретиться в быту, – тефлон (перфторполиэтилен), из которого изготавливают антипригарные покрытия для сковородок: – $(\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n$ –, или фреоны – насыщенные фторсодержащие производные углеводородов, которые используются в качестве хладагентов в холодильниках или кондиционерах или пропеллеров аэрозолей (например, фтордихлорметан CFCl_2H).

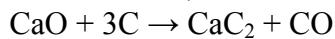
4. Пространственную форму молекул можно определить с помощью теории отталкивания валентных электронных пар (ОВЭП, теория Гиллеспи), суть которой заключается в том, что химические связи и неподеленные электронные пары в молекулах стремятся расположиться как можно дальше друг от друга:

- a. в молекуле BF_3 имеется 3 связи B–F – три валентных пары. Они располагаются как можно дальше друг от друга, и молекула имеет форму плоского треугольника, где все углы между связями (углы FBF) равны 120° ;
- b. в молекуле CF_4 имеется 4 связи C–F. Все эти 4 связи расположатся максимально далеко друг от друга только тогда, когда молекула примет форму тетраэдра, у которого в центре находится атом C, а в вершинах – атомы F. В тетрафторметане угол FCF такой же, как в математическом тетраэдре: $109^\circ 28'$;
- c. в молекуле XeF_2 пять валентных пар – две электронных пары связей Xe–F и три НЭП. Атомы фтора располагаются на максимальном расстоянии, соответственно молекула XeF_2 линейна и валентный угол FXeF равен 180° ;
- d. в молекуле XeF_4 шесть валентных пар – четыре электронных пары связей Xe–F и две НЭП. Молекула XeF_4 представляет собой плоский квадрат, и валентный угол FXeF равен 90° .

II. Задача про карбид кальция.



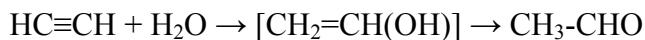
3) В настоящее время CaC_2 получают прокаливанием в электрических печах (температура 1900–1950°C) смеси оксида кальция с коксом:



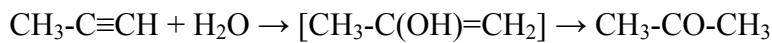
Полученный таким образом технический продукт имеет грязную окраску вследствие загрязнения углём и другими красящими примесями.

4) Он содержит также примеси фосфида и сульфида кальция, вследствие чего такой карбид кальция и полученный из него ацетилен имеют неприятный запах.

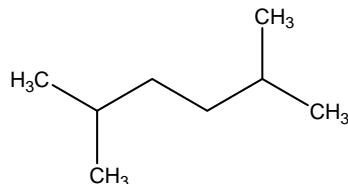
5) Реакция идет в присутствии солей ртути(II) и сильных неорганических кислот (в частности, серной кислоты). Она называется реакцией Кучерова. В основной среде гидратация алкинов не идет.



6) Класс органических соединений – кетоны. В реакции выполняются правила Марковникова и Эльтекова.

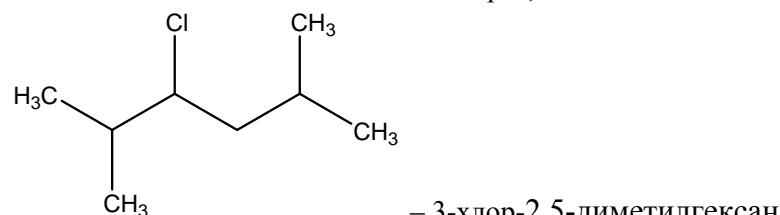
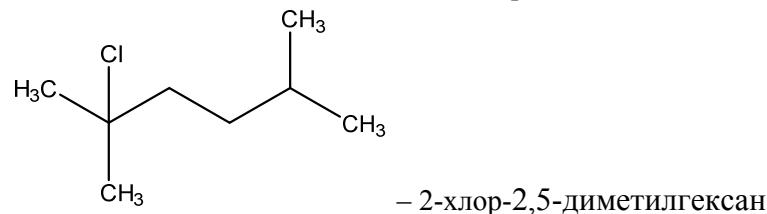
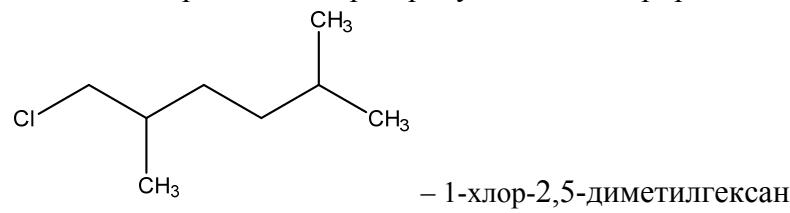


III. Задача проmonoхлорпроизводные алканов – решение.



1. 2,5-диметилгексан –

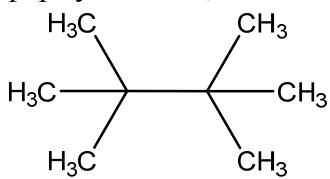
2. Может образоваться три продукта монохлорирования этого углеводорода:



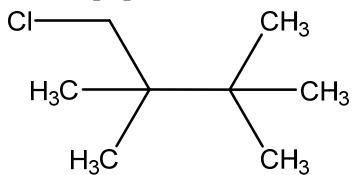
3. В 2,5-диметилгексане содержатся: 12 первичных связей С–Н, их общая скорость хлорирования будет равна $12x$; 4 вторичных связи С–Н, их общая скорость хлорирования равна $4*3,8x$ ($15,2x$); две третичных связи, их общая скорость хлорирования будет равна $2*5,2x$ ($10,4x$). Если хлорирование протекает на 100%, можем записать: $12x + 15,2x + 10,4x = 100$ или

$37,6x = 100$. Решая, получаем $x = 2,66$, тогда образуется 31,9 мольных процентов 1-хлор-2,5-диметилгексана, 40,4 % 2-хлор-2,5-диметилгексана и 27,7 % 3-хлор-2,5-диметилгексана.

4. Искомый изомер 2,5-диметилгексана, отвечающий условиям задачи (молекулярная формула C_8H_{18} , только один продуктmonoхлорирования) – 2,2,3,3-тетраметилбутан:



его хлорпроизводное – 1-хлор-2,2,3,3-тетраметилбутан:



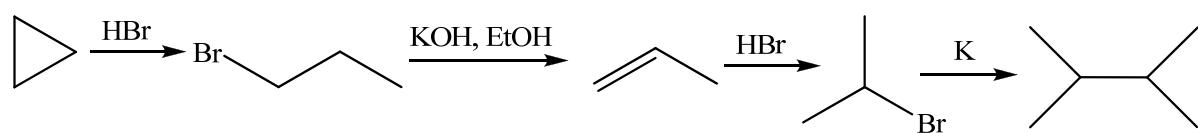
IV. Задача про нетипичные предельные соединения – решение.

1. Характерные типы изомерии – изомерия углеродного скелета, изомерия положения кратной связи, геометрическая изомерия, межклассовая изомерия с циклоалканами.



2. Циклопропан

3.



Циклопропан, 1-бромпропан, пропен, 2-бромпропан, 2,3-диметилбутан.

V. Задача про галогены и псевдогалогены – решение.

A – HCl , хлороводородная кислота;

B – HBr , бромоводородная кислота;

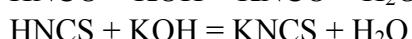
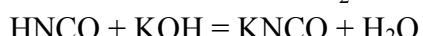
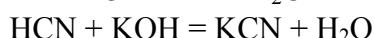
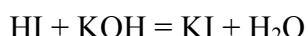
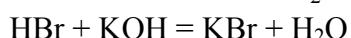
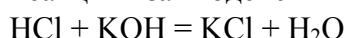
C – HI , йодоводородная кислота;

D – HCN , циановодородная кислота;

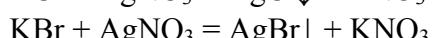
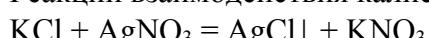
E – $HNCO$, циановая кислота;

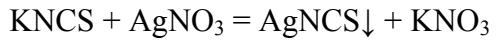
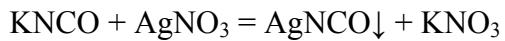
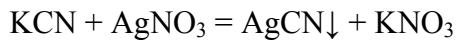
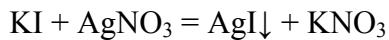
F – $HNCS$, тиоциановая (родановая) кислота;

Реакции взаимодействия кислот с калиевыми солями:



Реакции взаимодействия калиевых солей с нитратом серебра:

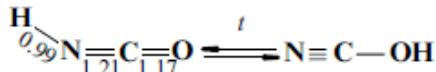




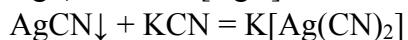
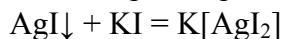
Реакции взаимодействия калиевых солей с сульфатом меди(II):



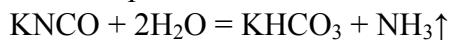
Таутомерные формы вещества **E**:



Реакции растворения осадков с серебром в избытке калиевых солей:



Реакция разложения калиевой соли кислоты **E**:



**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»**

2013-2014 учебный год

11 класс



I. Задача про «непростые» соединения (20 баллов).

При взаимодействии раствора вещества **A**, состоящего из калия, углерода, азота и элемента **B**, с хлоридом **C** образуется соединение **D** темно-красного цвета. При добавлении к нему соединения **E**, содержащего 67,30 % калия (по массе), образуется бесцветный раствор, в котором находятся соединения **A** и **F**.

?1. Приведите формулы и названия веществ **A-F**, а также уравнения реакций, если дополнительно известно, что вещество **A** содержит 40,23 % калия, 12,36 % углерода и 14,41 % азота (по массе).

?2. Изобразите строение анионов соединений **A** и **F**.

При взаимодействии раствора вещества **A** с соединением **G**, которое имеет такой же качественный состав, как и соединение **C**, образуется вещество **H** зеленого цвета.

?3. Определите соединения **G** и **H**.

Если провести реакцию между соединением **I**, содержащим 52,74 % хлора (по массе), с раствором вещества **A**, то образуется черный осадок **J**, который неустойчив и разлагается.

?4. Определите вещества **I** и **J** и напишите уравнения упомянутых реакций.

Если к раствору соединения **I** прилить разбавленный раствор аммиака, то выпадет голубой осадок **K**, содержащий 30,56 % хлора, а если концентрированный – то получится раствор соединения **L** ярко-синего цвета.

?5. Определите вещества **K** и **L** и приведите уравнения реакций их получения.

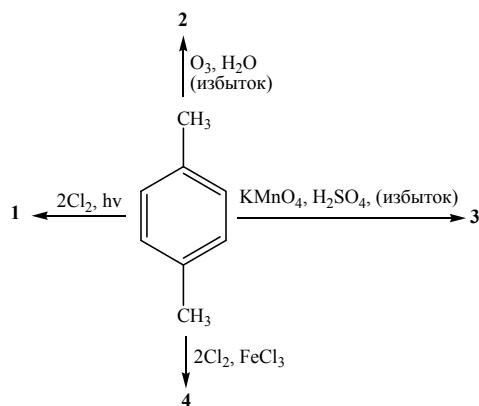


II. Задача «о пропаганде» в аренах (20 баллов).

При бромировании толуола в присутствии бромида алюминия(III) образуются два соединения **A** и **B** с молекулярной формулой C_7H_7Br . Бромирование толуола на свету также приводит к соединению **C** с брутто-формулой C_7H_7Br .

?1. Изобразите структуры образующихся соединений. Назовите их по систематической номенклатуре. Напишите уравнения соответствующих реакций.

- ?2. Какое органическое соединение образуется при окислении пропилбензола перманганатом калия в кислой среде? Напишите уравнения реакций окисления перманганатом калия в кислой среде трех упомянутых изомеров C_7H_7Br .
- ?3. $AlCl_3$, $AlBr_3$, $FeCl_3$, BF_3 входят в группу катализаторов, называемых кислотами Назовите недостающее слово.
- ?4. Предложите структуру соединений 1-4. Напишите уравнения соответствующих реакций. Назовите соединения 1-4 по систематической номенклатуре.



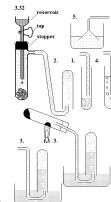
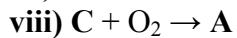
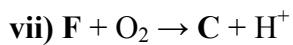
III. Задача про аэробное и анаэробное дыхание бактерий (20 баллов).

При анаэробном дыхании микроорганизмы вместо кислорода используют в качестве окислителя анион **A** сильной кислоты **B**. И в **A** и в **B** элемент **X** находится в максимальной степени окисления, а в ходе окисления происходит постепенное восстановление элемента **X**. Первоначально степень окисления **X** понижается на две единицы, и анион **A** превращается в анион **C** слабой кислоты **D**, после чего **C** может вернуться в окружающую среду. Другие бактерии восстанавливают **C** до бесцветного газа **F**, который в водном растворе образует катион **E**. Еще один тип бактерий постадийно восстанавливает **C** в бесцветный газ **G**, который может превратиться в обладающий сладковатым запахом газ **I** и, наконец, в простое вещество **K** (которым в ряде случаев в лаборатории можно заменить инертный газ).

В то же самое время элемент **X** может использоваться как источник энергии и в аэробном окислении. Одни аэробные бактерии окисляют **F** до **C**, другие окисляют **C** до аниона **A**, который попадает в почву.

- ?1. Запишите формулы соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **I**, **K** и символ элемента **X**, назовите их.
- ?2. Запишите уравнения нижеприведенных реакций, расставив коэффициенты (в первых пяти окислительно-восстановительных процессах могут участвовать по нескольку электронов); где это необходимо, дополните уравнение, добавив воду, но не другое вещество:

- i) $A + \bar{e} + H^+ \rightarrow C$
- ii) $C + \bar{e} + H^+ \rightarrow F$
- iii) $C + \bar{e} + H^+ \rightarrow G$
- iv) $G + \bar{e} + H^+ \rightarrow I$
- v) $I + \bar{e} + H^+ \rightarrow K$
- vi) $E + C \rightarrow K$

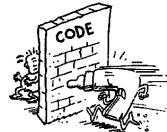


IV. Задача про получение газов (20 баллов).

Представьте, что Вы находитесь в лаборатории со стандартным оборудованием: приборы для нагревания, химические стаканы, пробирки и т.д. В Вашем распоряжении имеется дистиллированная вода и восемь химических веществ. Шесть из них дано: KOH, HCl (30 %), KMnO₄, S, Zn и Cu, – а седьмое и восьмое вещества Вам предстоит выбрать самостоятельно, но учтите, что Вы можете выбирать только индивидуальные твердые или жидкые вещества, но не смеси и не газы. Ваша задача – записать уравнения химических реакций, с помощью которых из этого набора реагентов можно было бы получить 8 газообразных веществ.

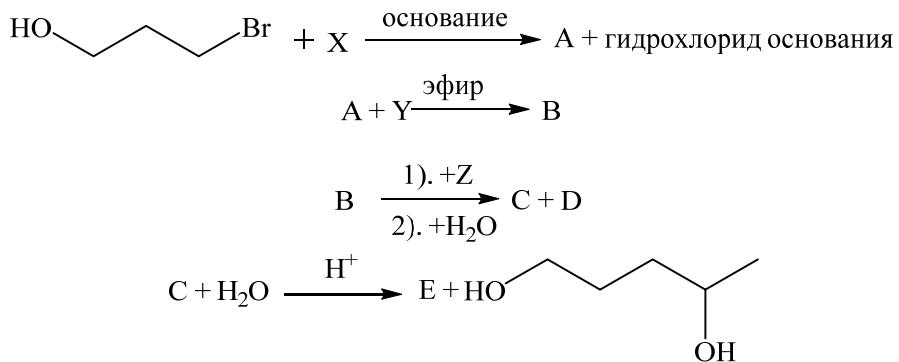
Дополнительные условия:

- ✓ Полученные Вами вещества должны быть газообразными при температуре 25°C и нормальном атмосферном давлении.
- ✓ Для получения газообразного вещества может потребоваться более одной стадии.
- ✓ Если Вы получили смесь газов, Вы должны предложить способ ее разделения, в противном случае баллы начисляться не будут.
- ✓ По условию задачи нельзя использовать электролиз, а также применять фрагменты оборудования (металл, стекло и т.д.) в качестве дополнительных реагентов.
- ✓ Если Вам сложно решить задачу для восьми реагентов, попробуйте решить ее для девяти (добавьте к имеющемуся списку три своих вещества), однако учтите, что при этом Вы будете оценены меньшим баллом, даже если получите 8 газов.



V. Задача про синтез с участием элементоорганических веществ (20 баллов).

Расшифруйте приведенную ниже схему превращений:



Известно, что в состав соединения **B** входит 6 атомов углерода, 15 атомов водорода, по атому кислорода, магния и брома, а также атом элемента **Q**, не относящегося к органогенам.

Молярная масса вещества **E** равна 90,20 г/моль, в его состав входит 39,95 % углерода, 11,17 % водорода, а также кислород и элемент **Q**.

? 1. Определите элемент **Q**.

? 2. Определите строение органических и элементоорганических веществ **A**, **B**, **C**, **D** и **E**, а также реагентов **X**, **Y** и **Z**.

? 3. Объясните, с какой целью в этом синтезе применяется соединение **X**?

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия» (Решения)
2013-2014 учебный год
11 класс**

I. Задача про «непростые» соединения – решение.

Формулы и названия веществ:

A – KNCS, роданид калия;

B – S, сера;

C – FeCl₃, хлорид железа(III);

D – Fe(NCS)₃, роданид железа(III);

E – KF, фторид калия;

F – K₃[FeF₆], гексафтороферрат(III) калия;

G – FeCl₂, хлорид железа(II);

H – Fe(NCS)₂, роданид железа(II);

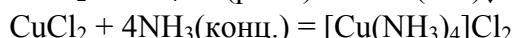
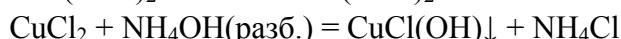
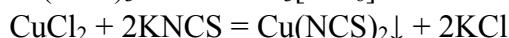
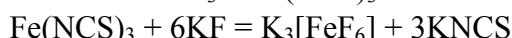
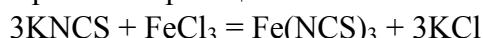
I – CuCl₂, хлорид меди(II);

J – Cu(NCS)₂, роданид меди(II);

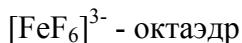
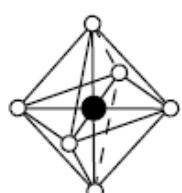
K – CuCl(OH), гидроксохлорид меди(II);

L – [Cu(NH₃)₄]Cl₂, хлорид тетраамминмеди(II).

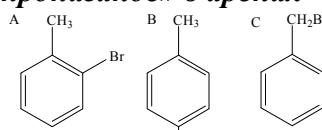
Уравнения реакций:



Структуры анионов **A** и **F**:

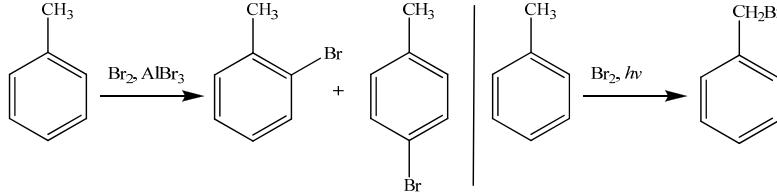


II. Задача «о пропаганде» в аренах – решение.

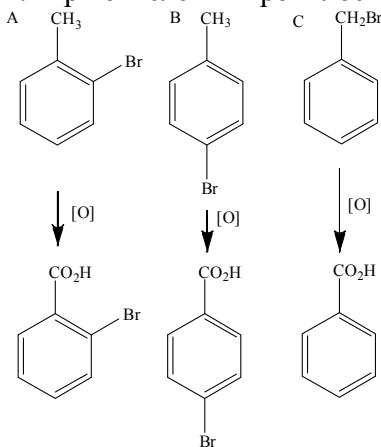


1.

A – 1-метил-2-бромобензол, **B** – 1-метил-4-бромобензол, **C** – (бромометил)бензол.

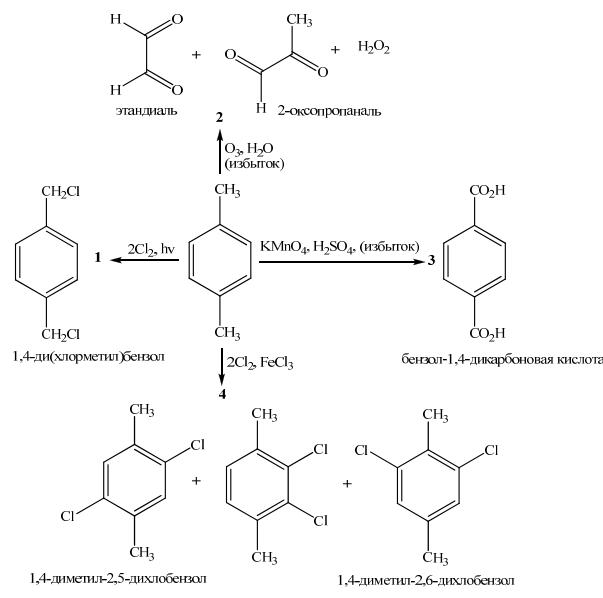


2. При окислении пропилензола перманганатом калия в кислой среде образуется бензойная кислота.



3. AlCl_3 , AlBr_3 , FeCl_3 , BF_3 входят в группу катализаторов, называемых кислотами Льюиса.

4.



III. Задача про аэробное и анаэробное дыхание бактерий - решение.

A – NO_3^- , нитрат-ион;

B – HNO_3 , азотная кислота

C – NO_2^- , нитрит-ион

D – HNO_2 , азотистая кислота

E – NH_4^+ – катион аммония

F – NH_3 , аммиак

G – NO , оксид азота(II), моноксид азота

I – N_2O , оксид азота(I), закись азота, «веселящий газ»

K – N_2 , азот

X – N азот

- $\text{NO}_3^- + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NO}_2^- + 6\bar{e} + 7\text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{NO}_2^- + \bar{e} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{NO} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{N}_2\text{O} + 2\bar{e} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$

IV. Задача про получение газов – решение.

Вариантов решения задачи немало, проиллюстрируем на примере таких дополнительных веществ, как азотная кислота и цианид аммония.

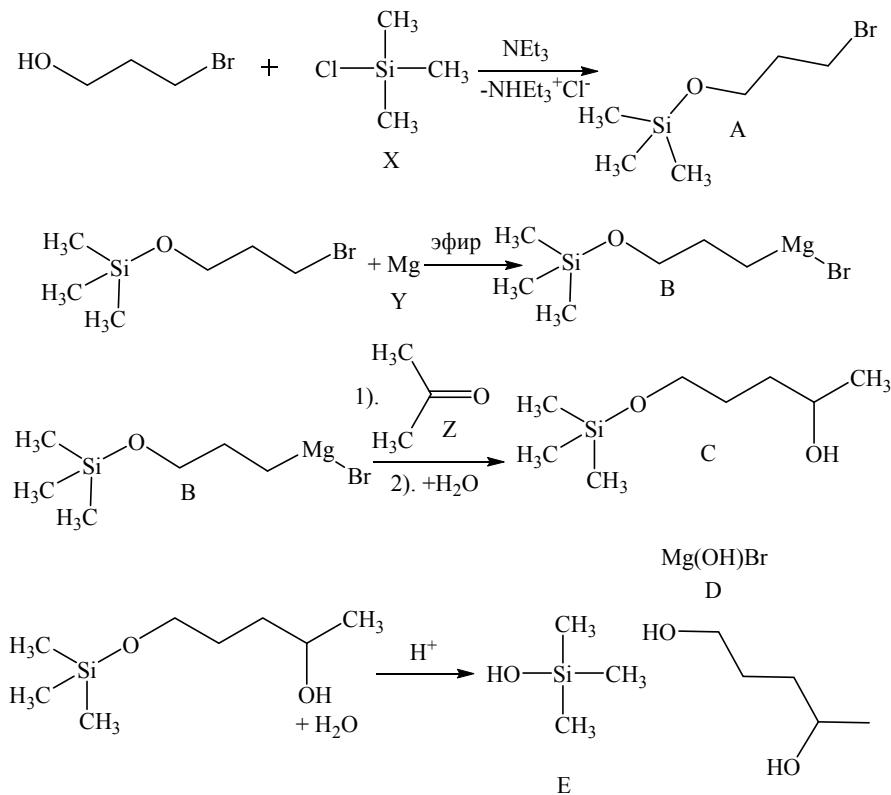
№	Газ	Реакция (реакции)
1.	Cl ₂	16HCl + 2KMnO ₄ = 5Cl ₂ + 2MnCl ₂ + 8H ₂ O + 2KCl
2.	H ₂	2HCl + Zn = H ₂ + ZnCl ₂
3.	HCN	HCl + NH ₄ CN = HCN + NH ₄ Cl
4.	H ₂ S	Zn + S = ZnS ZnS + 2HCl = H ₂ S + ZnCl ₂
5.	SO ₂	3S + 4KMnO ₄ = 3SO ₂ + 4MnO ₂ + 2K ₂ O
6.	O ₂	2KMnO ₄ = K ₂ MnO ₄ + MnO ₂ + O ₂
7.	NO	2Cu + 6HNO ₃ = NO ₂ + NO + 2Cu(NO ₃) ₂ + 3H ₂ O 2NO ₂ + 2NO + 2KOH = KNO ₃ + KNO ₂ + 2NO + H ₂ O
8.	NO ₂	2NO (из п. 7) + O ₂ = 2NO ₂
9.	NH ₃	NH ₄ CN + KOH = NH ₃ + KCN + H ₂ O
10.	N ₂ O	NH ₃ (из п. 9) + HNO ₃ = NH ₄ NO ₃ NH ₄ NO ₃ = N ₂ O + 2H ₂ O
11.	NOCl	2NO (из п. 7) + Cl ₂ (из п. 2) = 2NOCl

Примечание – NO и NO₂ можно получить на бумаге и просто с помощью реакции азотной кислоты различной концентрации с медью (и можно засчитывать при проверке), но, поскольку это все же «бумажная химия», в решении приведены процессы, позволяющие получить каждый из этих газообразных оксидов индивидуально.

V. Задача про синтез с участием элементоорганических веществ – решение.

Состав вещества **B** описывается формулой C₆H₁₅MgBrOQ, по молярной массе вещества **E** и процентному содержанию в нем углерода и водорода приходим к выводу, что элемент Q – кремний, и молекулярные формулы **B** – C₆H₁₅MgBrOSi, **E** – C₃H₁₀SiO.

Расшифровка цепочки:



Роль триметилхлорсилана (реагента **X**) в данном процессе – роль защитной группы, которая блокирует одну из групп молекулы (в данном случае спиртовую), чтобы она не вступала в реакции с реагентами, которыми обрабатываются другие (другая) функциональные группы. В данном случае незащищенная группа –ОН мешает протеканию реакции образования реагента Гриньяра (вещества **B**), который разрушается в присутствии доноров протонов – спиртов, воды и кислот.