

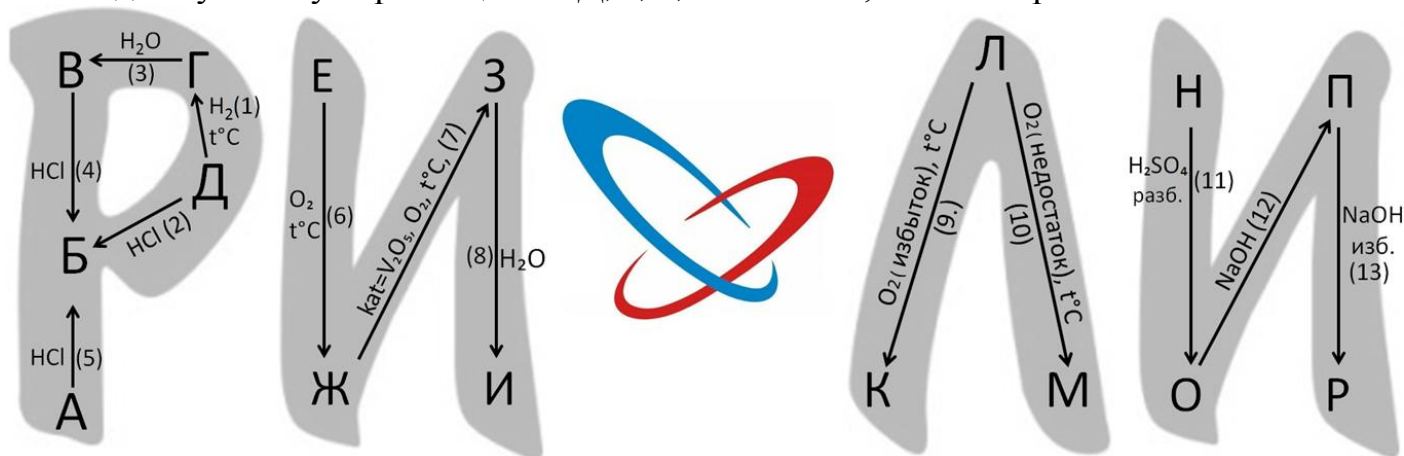
Министерство образования республики Башкортостан
ГБОУ Республиканский инженерный лицей-интернат

Материалы заключительного этапа
Республиканской олимпиады юниоров
по химии
2018-2019 сезон

Уфа
2019

Задание 1. “Really” химия

Вашему вниманию предложена схема получения веществ, относящиеся к 4-м различным классам сложных неорганических веществ. Представителями каждого из классов являются вещества **Б,И,К,М,П**, причем **К** и **М** относятся к одному классу. Про вещества **Д,Е,Л,Н** известно, что они простые.



В большой букве Р во всех соединениях есть металл **Д** — распространенный макроэлемент в организме человека, находящийся в скелете и зубах. В природе этот металл встречается в таких минералах, как гипс (дигидрат сульфата металла **Д**), фторапатит (смешанный фосфат и фторид металла **Д**), доломит (двойной карбонат магния и металла **Д**). Известно, что при взаимодействии 6 г **Д** с соляной кислотой выделяется 3,36 л H₂ (при н.у.). Вещество **А** может быть получено термическим разложением вещества **В** при температуре 580 °С (реакция 14).

В первой большой букве И (слева от Р) представлено промышленное получение широко используемого вещества **И**. Известно, что желтое вещество **Е** в природе встречается в самородном виде. Его используют в основном в производстве вещества **И**, в изготовлении спичек и черного пороха, а также для вулканизации резины. Молярная масса вещества **Ж** меньше молярной массы вещества **З** в 1,25 раз.

Известно, что вещество **Л** — это неметалл, имеющий несколько аллотропных модификаций. Белая форма этого вещества очень активна и ядовита, её вы знаете по способности светиться в темноте. У красной же модификации ядовитость в тысячи раз меньше, чем у белой, поэтому она применяется гораздо шире, например, в производстве спичек (составом на основе красного вещества **Л** покрыта тёрочная поверхность коробков). Известно, что при сгорании 12,4 г вещества **Л** в недостатке кислорода образуется 22 г вещества **М**. При взаимодействии вещества **М** с дополнительным количеством O₂ образуется 28,4 г вещества **К** (реакция 15).

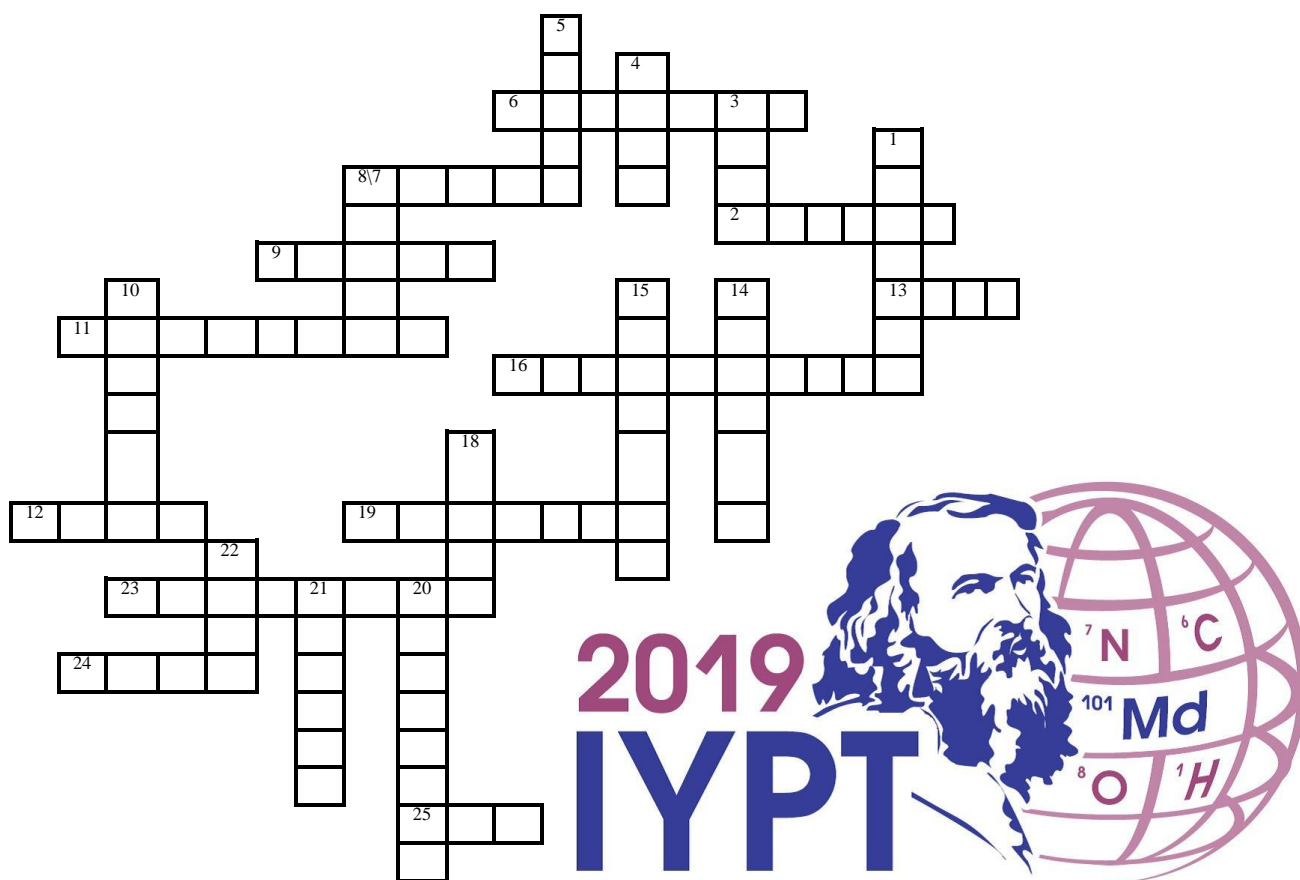
Вещество **Н** — это серебристо белый, легкий, прочный металл. Он занимает первое место по распространенности в земной коре среди металлов. Известно, что 9,45 г этого металла состоит из $2,108 \times 10^{23}$ атомов. Вещество **О** реагирует с раствором NaOH с образованием белого студенистого осадка вещества **П** (реакция 12). При дальнейшем добавлении щелочи этот осадок растворяется с образованием комплексной соли **Р** (реакция 13). Также

вещество **Р** может быть получено при взаимодействии **Н** с раствором NaOH (реакция **16**).

1. Какие 4 класса сложных химических веществ вы знаете? Приведите по 1 примеру к каждому из них.
2. Напишите формулы и названия всех зашифрованных веществ на схеме превращений.
3. Напишите уравнения реакций, приведенных на схеме (**1-13**) и описанных в условии задачи(**14-16**).
4. Напишите формулы минералов, приведенных в задаче, в состав которых входит металл **Д**, если известно, что во фторапатите фосфат-ионов в 3 раза больше, чем фторид ионов, а суммарное количество ионов в минерале не больше 15.

Задача II. Dedicated to the International Year of the Periodic Table

С предложением объявить год Периодической системы выступило несколько международных и национальных организаций: Российская академия наук, Русское химическое общество имени Д.И. Менделеева, Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC). Генеральная Ассамблея Организации Объединенных наций провозгласила 2019 год Международным годом Периодической таблицы химических элементов: 150 лет назад была создана Периодическая таблица, чему и посвящается эта задача.



1. Этот металл входит в состав обычного школьного мелка.
2. Ученый, в честь которого названа крупнейшая международная премия в области научных исследований.
3. Аллотропная модификация кислорода.
4. Неметалл, образующий простое вещество желтого цвета, а также чрезвычайно ядовитое газообразное соединение с водородом, часто имеющее чесночный запах.
5. Сплав железа с углеродом.
6. Аллотропную модификацию этого элемента можно найти в простом карандаше, а другая аллотропная модификация является одним из самых твердых веществ.
7. Ион с отрицательным зарядом.
8. Элемент, близкий по свойствам к йоду, но радиоактивный.
9. Из этого металла делают медицинские протезы, бронежилеты и подводные лодки, а все из-за его легкости и прочности.
10. Волокнистый материал, получаемый из древесины.
11. Название солей сернистой кислоты.
12. Самый известный из радиоактивных металлов, имеющий изотоп 238.
13. Для защиты от коррозии эти металлом покрывают кровельное железо, самые обычные ведра, баки для воды и т.п.
14. Химический элемент, металл, входящий в состав гемоглобина.
15. Самый распространенный элемент во Вселенной
16. Элемент, названный в честь открывателя периодического закона.
17. При низком содержании этого микроэлемента в организме увеличивается количество холестерина в крови человека, и уменьшается скорость роста. Соединения этого металла, особенно в степени окисления +6, являются очень токсичными.
18. Пули из этого металла способны убивать вампиров.
19. Этот металл можно добывать из глины в процессе электролиза.
20. Одна из аллотропных модификаций простого вещества, образуемого этим элементом, имеет применение в производстве спичек, а другая его модификация ядовита и светится в темноте.
21. Ядовитый газ, использовавшийся как оружие в Первой мировой войне.
22. Самый тугоплавкий химический элемент - его температура плавления составляет 3420°C, именно из него изготавливают нити для ламп накаливания.
23. Самый активный неметалл; он разъедает стекло и бурно реагирует с водой.
24. В виде водно-спиртового раствора простого вещества этот элемент можно найти в каждой медицинской аптечке. Некоторые растения способны накапливать этот элемент, например, морская капуста (ламинария).

1. Разгадайте этот кроссворд. Ответы перепишите в лист ответов в формате «Номер – слово». Перечерчивать кроссворд не нужно.

2. Элемент из вопроса №16 назван в честь российского ученого. Приведите название и символ любого другого элемента, названного в честь российского ученого.

Задача III. Химия с уральскими сказами

Вот она, значит, какая ... горы Хозяйка! Худому с ней встретиться — горе, и доброму — радости мало.

Как красив и богат Урал! Величие его вдохновило многих. Как, например, писателя Б, автора сборника сказов "...". В сборнике есть сказ "... горы хозяйка", в названии которой фигурирует металл М, о котором и пойдёт речь. Он встречается как в самородном виде, так и в форме минералов, например, сульфида А (массовое содержание металла 66,49%).

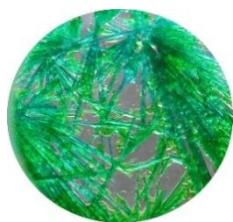


1. Определите автора Б, металл М, соединение А, название сборника и сказа. Подтвердите расчетом.

Помимо вещества А, М образует другие минералы, например, Б (массовая доля металла 57,47%) и В (массовая доля металла 55,3%). Название вещества Б есть в названии сборника сказов. Б и В являются основными солями. Вещества этого класса соединений можно описать формулой $Me_a(OH)_bA_c$, где Me - атом металла, А - анион соли. При разложении Б теряет 28,05% массы, образуя соединение Г чёрного цвета и газ. Полученный газ привели к нормальным условиям и плотность его составила 1,963 г/л. В разлагается с образованием тех же продуктов.

2. Определите состав соединений Б,В,Г, напишите уравнения реакций. Определите состав газа. Подтвердите расчётом.
3. Вычислите массу 20% раствора гидроксида калия, необходимого для нейтрализации газа, полученного при разложении 8 граммов Б.
4. Некоторое количество Б нагрели до разложения. Вычислите плотность образовавшегося газа при: а) 25⁰С; б) 120⁰С. (давление 100,325 кПа).

Справка: Уравнение состояния идеального газа $pV=nRT$, где p — давление(кПа), V — объем газа(л), n — количество вещества(моль), R — универсальная газовая постоянная, равная 8,314 кПа*л/(моль*К), T — температура(К).



В лаборатории провели следующий эксперимент: растворили навеску Б в избытке разбавленной соляной кислоты при кипячении (наблюдалось интенсивное выделение газа). Затем полученный раствор охладили до 40⁰С и оставили на продолжительное время, в результате чего выпали зелёные ромбические кристаллы (массовое содержание металла 54,27 %).

5. Напишите уравнение реакции и установите состав кристаллов.

Решения

Задача 1. (Автор – Мидатов Н.А.)

1. Сложные вещества подразделяются на четыре класса химических соединений: оксиды, основания, кислоты и соли.

Примеры кислот: H_2S , H_2SO_4 , HNO_3 , HNO_2 , HF , HCl и т.д.

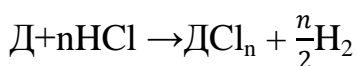
Примеры оксидов: Na_2O , ZnO , Al_2O_3 , SO_2 , SO_3 , Cl_2O_7 т.д.

Примеры солей: NaCl , CuSO_4 , CaF_2 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ и т.д.

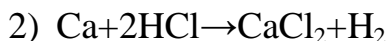
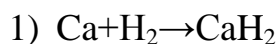
Примеры оснований: $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ и т.д.

2,3.

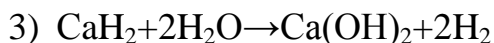
Можно установить металл Д по количеству водорода, который выделился в реакции Д с HCl . $n(\text{H}_2) = \frac{3.36\text{л}}{22.4} = 0,15$ моль.



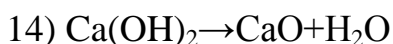
$n(\text{Д}) = n(\text{H}_2) / \frac{n}{2} = 0,3/n$ моль. $M(\text{Д}) = \frac{6n}{0.3} = 20n$ г/моль \Rightarrow лучше всего подходит $n=2$, Са. Также догадаться металл можно по указанию на нахождение Д в костях и зубах.



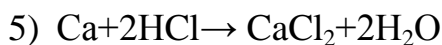
Тогда вещества Г - CaH_2 , а Б - CaCl_2 .



В - $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



А - CaO .



Судя по взаимодействию вещества **Е** с кислородом, **Ж** и **З** - оксиды элемента **Е**. Общие формулы оксидов соответственно E_2O_y и E_2O_x . В **З** содержание кислорода больше. По отношению масс веществ можно определить, элемент **Е**:

$$\frac{M(\text{З})}{M(\text{Ж})} = \frac{Ar(\text{Е}) \cdot 2 + x \cdot Ar(\text{O})}{Ar(\text{Е}) \cdot 2 + y \cdot Ar(\text{O})} = \frac{Ar(\text{Е}) \cdot 2 + 16 \cdot x}{Ar(\text{Е}) \cdot 2 + 16 \cdot y} = 1.25$$

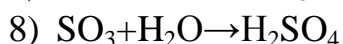
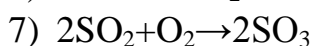
Теперь нужно проверить различные пары оксидов, и найти наиболее подходящий по свойствам и степеням окисления элемент.

Скорее всего, это оксиды с близкими степенями окисления. Например, это могут быть оксиды со степенями окисления 1 и 2, 2 и 3, 4 и 6 и т.п. Это могут быть следующие пары оксидов:

E_2O	EO	$Ar(E) = 24$ г/моль - Mg (нет степени «+1»)
E_2O	E_2O_3	$Ar(E) = 56$ г/моль - Fe (нет степени «+1»)
EO	E_2O_3	$Ar(E) = 16$ г/моль - O (не подходит)
E_2O_3	EO_2	$Ar(E) = 8$ г/моль - нету такого элемента
EO_2	EO_3	$Ar(E) = 32$ г/моль - S (подходит)
EO_3	E_2O_7	$Ar(E) = -16$ г/моль - не подходит

Методом перебора находим, что наиболее подходящие оксиды при $x=6$ и $y=4$, следовательно, **Е** – S, **Ж** - это SO_2 , а **З** - это SO_3 , **И** - H_2SO_4 .

Также догадаться, что **Е** – S, можно по тому, что оно желтого цвета и в природе находится в самородном виде. *Примечание: Золото тоже подходит, но оно слишком малоактивно для данных реакций. Также не подойдут под условия задачи его оксиды.*



При сгорании 12,4 г **Л** в O_2 образуется 22 г оксида **М**. Значит, массовая доля **Л** в веществе **М**: $\omega(L) = \frac{12,4}{22} * 100\% = 56,36\%$

У оксида **М** может быть одна из следующих формул: $Э_2O$, $ЭO$, $Э_2O_3$, $ЭO_4$, $Э_2O_5$, $ЭO_3$, $Э_2O_7$.

Перебрав все варианты, находим, что подходит вариант $Э_2O_3$:

$\frac{Ar(L)*2}{Ar(L)*2 + Ar(O)*3} = \frac{x*2}{x*2 + 16*3} = 0,5636 \Rightarrow x = Ar(L) = 31$ г/моль, что соответствует фосфору. На фосфор также указывает существование белой и красной модификации и ремарка о свечении в темноте одной из модификаций. Итак, **Л** - это P, **М** - это P_2O_3 .

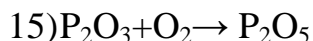
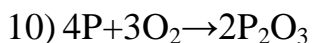
Из вещества **М** образуется 28,4 г вещества **К**. Так как мы уже знаем, сколько фосфора вступило в реакцию, находим массовую долю фосфора в **К**:

$$\omega(\text{Л}) = \frac{12,4}{28,4} * 100\% = 43,66\%$$

Его можно записать как P_2O_n , где n -степень окисления Р. Тогда можно составить уравнение:

$$\omega(\text{Р}) = \frac{31*2}{31*2+16*n} = 0,4366$$

Решив это уравнение, найдем, что $n = 5$, тогда **К**- это P_2O_5 .

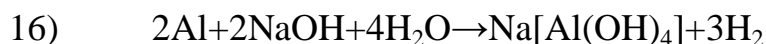
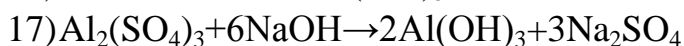
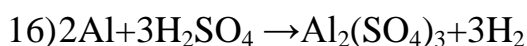


Определим, что является металлом **Н**:

$$n(\text{Н}) = \frac{N}{Na} = \frac{2,108 \times 10^{23} \text{ атомов}}{6,02 \times 10^{23}} = 0,35 \text{ моль}$$

$$M(\text{Н}) = \frac{m(\text{Н})}{n(\text{Н})} = \frac{9,45 \text{ г}}{0,35} = 27 \text{ г/моль. Это соответствует атомной массе алюминия.}$$

Итак, **Н**- это Al.



Итак, **О**- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, **П**- $\text{Al}(\text{OH})_3$, **Р**- $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.

1. **А**- CaO - оксид кальция
2. **В**- Ca(OH)₂ – гидроксид кальция
3. **Б**- CaCl₂ – хлорид кальция
4. **Г**- CaH₂ – гидрид кальция
5. **Д**- Ca - кальций
6. **Е**- S - сера
7. **Ж**- SO₂ - оксид серы(IV)
8. **З**- SO₃ - оксид серы(VI)
9. **И**- H₂SO₄ - серная кислота, купоросное масло
10. **К**- P₂O₅ – оксид фосфора (V)
11. **Л**- P- фосфор
12. **М** - P₂O₃ - оксид фосфора (III)
13. **Н**- Al - алюминий
14. **О**- Al₂(SO₄)₃ – сульфат алюминия
15. **П**- Al(OH)₃ – гидроксид алюминия
16. **Р**- Na[Al(OH)₄] – тетрагидроксоалюминат натрия

4. Гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Формулу фторапатита можно вывести с помощью подбора. Предположим, что в минерале 1 ион F^- , тогда PO_4^{3-} будет 3 штуки. Вычислить число ионов Ca^{+2} можно, разделив суммарный заряд анионов на 2: $\frac{|(-1 \cdot 1 + (-3) \cdot 3)|}{2} = 5$, тогда формула будет - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

Если предположим, что в минерале 2 иона F^- , тогда PO_4^{3-} будет 6 штук. число ионов Ca^{+2} тогда : $\frac{(-1 \cdot 2 + (-3) \cdot 6)}{2} = 10$, и формула минерала будет $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, но она уже не подходит, так как суммарное число ионов 17, а это уже больше 15.

Фторапатит- $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

Доломит - $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$

Система оценивания:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Указание 4х классов химических соединений – 0,25 баллов
По 1 примеру к каждому классу – по 0,25 баллов | 2 балла |
| 2. Указание формулы веществ A-II – по 1 баллу
Указание формулы P – 2 балл
Название веществ A-II – по 0,25 баллу
Название вещества P – 0,5 баллов | 21 балл |
| 3. Уравнения реакций 1-12, 14,15 – по 1 баллу
Уравнения реакций 13,16 – по 2 балла | 18 баллов |
| 4. Формулы минералов доломита и гипса – по 1 баллу
Формулы фторапатита – 2 балла. | 4 балла |

ИТОГО

45 баллов

Задача II. (Автор – Гафаров Р.Р.)

1.

1- Кальций
2- Нобель
3- Озон
4- Сера
5- Чугун
6- Углерод
7- Анион
8- Астат
9- Титан
10- Бумага
11- Сульфиты
12- Уран

13- Цинк
14- Железо
15- Водород
16- Менделевий
17- Хром
18- Серебро
19- Алюминий
20- Фосфор
21- Хлор
22- Вольфрам
23- Фтор
24- Иод

2. Варианты элементов:

1. Самарий - Sm
2. Оганесон - Og
3. Флеровий - Fl

Система оценивания:

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. Указание элементов 1-24 | 24 баллов |
| 2. За правильный символ и элемент | 1 баллов |

ИТОГО 25 баллов

Задача III. (Автор – Маннанов Т.А.)

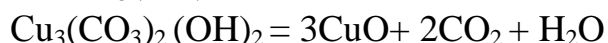
1. Положив степень окисления металла +n, формулу сульфида в общем виде можно записать как M_2S_n . $M(M_2S_n) = \frac{32n}{(1-0,6649)} = 32n + 2A_r(M)$ Отсюда выразим атомную массу металла как $A_r = 31,75n$. Подбором получим хорошее соответствие степени окисления и атомной массы, для сульфида меди(II), то есть **A** – CuS, **M** - Cu.

Автор – Павел Петрович Бажов (достаточно фамилии). Сборник – «Малахитовая шкатулка», название сказа – «Медной горы хозяйка».

2. Вычислим массу моля газа: $1,963 \cdot 22,4 \approx 44$ г. Если предположить, что это не смесь, а индивидуальное вещество, то молярная масса его 44 г/моль. Это углекислый газ, CO_2 и C_3H_8 не образуются при разложении солей меди. Тогда **Б** и **В** – основные карбонаты меди. По массовым долям подходят $Cu_2CO_3(OH)_2$ (минерал малахит) и $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ (минерал азурит):
 $\omega(Cu) = (63,5 \cdot 2) / (63,5 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + 2 \cdot (16 + 1)) \approx 0,5747$; $\omega(Cu) = (63,5 \cdot 3) / (63,5 \cdot 3 + 2 \cdot (12 + 16 \cdot 3) + 2 \cdot (16 + 1)) \approx 0,553$.

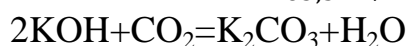
Логично предположить, что **Г** содержит медь, ибо медь образует крайне мало летучих соединений, поскольку является металлом. На один атом меди после разложения приходится

$M = (63,5 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + (16 + 1) \cdot 2) \cdot (1 - 0,28 - 5) / 2 = 95,5$ г/моль, что соответствует оксиду меди(II), то есть **Г** – CuO, а уравнения реакций:



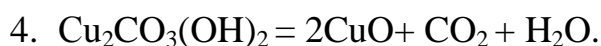
3. $Cu_2CO_3(OH)_2 = 2CuO + CO_2 + H_2O$

$$n(Cu_2CO_3(OH)_2) = \frac{8}{63,5 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 + (16 + 1) \cdot 2} \approx 0,036 \text{ моль. } n(CO_2) = 0,036 \text{ моль.}$$



$$2n(CO_2) = n(KOH) = 0,072 \text{ моль. } m(KOH) = 0,072 \cdot (39 + 17) = 4,032 \text{ г.}$$

$$m_{p-pa}(KOH) = 4,032 / 0,2 = 20,16 \text{ г.}$$



Проанализируем уравнение Менделеева-Клапейрона:

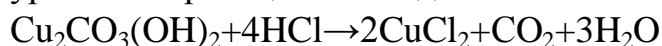
$$pV = nRT; pV = \frac{m}{M}R; Mp = \frac{m}{V}RT; Mp = \rho RT; \rho = \frac{Mp}{RT}$$

а) при 25°C вода в виде жидкости, газ – только CO_2 . Тогда его молярная масса 44 г/моль. $\rho = \frac{44 \cdot 101,325}{8,314 \cdot (273 + 25)} = 1,799 \approx 1,8$ г/л.

б) при 120°C газ – смесь водяного пара и углекислого газа, причем $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CO}_2)} =$

$\frac{1}{2} = \frac{V(\text{H}_2\text{O})}{V(\text{CO}_2)}$. Молярная масса газа – масса 1 моля газа, а в одном моле газа содержится 0,5 моль водяного пара и 0,5 моль углекислого газа: $M_{\text{смеси}} = 44 \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 18 = 31$ г/моль. Плотность: $\rho = \frac{31 \cdot 101,325}{8,314 \cdot (273 + 120)} = 0,961$ г/л.

5. Если говорить простым языком, при растворении карбонатов в соляной кислоте происходит вытеснение слабой угольной кислоты из её соли: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. Образующаяся при этом угольная кислота нестабильна, и разлагается: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Суммарное уравнение реакции выглядит так:



Однако легко убедиться в том, что хлорид меди под указанную массовую долю не подходит. Кристаллизация из водного раствора и массовая доля указывают на образование кристаллогидрата $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\omega(\text{Cu}) = (63,5) / (63,5 + 35,5 \cdot 2 + 16 \cdot 2 + 2) \approx 0,5427.$$

Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 3. Указание металла, формулы A – по 1 баллу
Указание автора(фамилия), названия сборника, сказа – по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. Формулы минералов Б, В – по 2 балла
Формула Г , газа – по 1 баллу
Уравнения реакций разложения гидроксокарбонатов – по 1 баллу | 8 баллов |
| 5. Масса раствора КОН – 1 балл | 1 балл |
| 6. Плотность в случае а) 2 балла, б) 4 балла. (Если плотности не посчитаны, но выведена формула плотности из уравнения состояния идеального газа – 1 балл) | 6 баллов |
| 7. Уравнение реакции растворения в соляной кислоте – 2 балла
Состав кристаллов – 3 балла | 5 баллов |

ИТОГО 25 баллов

Примечания: Если в уравнении реакции неправильные коэффициенты, но верные продукты, такое уравнение оценивается половиной возможных баллов;

Если нет хотя бы минимального подтверждения расчетом состава соединения, а оно требуется – за соединение ставится половина баллов.