*Решения задач теоретического mypa*

*Решения задач теоретического mypa*

Девятый класс

## *Решение Задачи 9-1 (автор: Ильин М.А.)*

1. Обозначим состав хлорида А в виде XClл› атомную массу металла Х — х а. е. м. Тогда:

# 35,45п = 0,7975 35,45п = 0,7975a + 28,27п 0,7975x = 7,18п х = 9,00п.

х + 35,45п

Перебирая целочисленные значения п от 1 до 8, приходим к единственному разумному варианту Х — Al, а А — AlClз *(М —* 133,4 г/моль). Учитывая, что стехиометрический состав хлорида Е — YCl , находим атомную массу металла У.

(133,4- 1,187) — (35,45 3) = 158,3 — 106,4 = 51,9 а. е. м.

Таким образом, У — Cr.

1. При взаимодействии избытка концентрированного раствора щелочи с хлоридом алюминия в зависимости от pH возможно образование гидроксокомплексов различного состава (реакция 2). Гидроксоалюминаты устойчивы лишь в водных растворах, при упаривании их водных растворов и последующем прокаливании (800 °С) происходит образование метаалюминатов (реакция 3). При пропускании избытка углекислого газа через раствор гидроксоалюминатов выпадает студенистый осадок гидроксида алюминия переменного состава (реакция 4), который также образуется при добавлении избытка водного раствора аммиака к раствору хлорида алюминия. При взаимодействии гидроксида алюминия с плавиковой кислотой в присутствии фторида натрия образуется соединение, содержащее устойчивый гексафтороалюминат-ион (реакция 5).

При добавлении водного раствора сульфида натрия к раствору хлорида хрома происходит необратимый гидролиз, в результате чего образуется осадок гидроксида хрома (III) (реакция 8). При добавлении избытка раствора соляной кислоты и металлического хрома в инертной атмосфере образуется раствор хлорида хрома (II) (реакция 9). Концентрированный раствор пероксида водорода в щелочной среде (КОН) приводит к окислению Cr(III), в результате чего образуется хромат калия (реакция 10). Хромат-ионы устойчивы лишь в нейтральной и щелочной среде, при подкислении раствором сильной минеральной кислоты (H2SO4 разб.) ОНи дОвольно быстро превращаются в дихромат-ионы (реакция 11), которые в кислой среде проявляют довольно сильные окислительные свойства (реакция 12). Таким образом, формулы соединений A—К.

А — AlCl , Е — CrCl ,



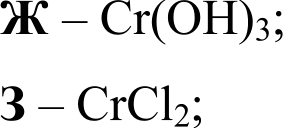
Б — Na [Al(OH) ] (Na[Al(OH)4]. Na[Al(H О) (OH)4]);

В — NaAlO Г — Al(OH) ;

Д — Na [AlF6];

Уравнения реакций **(1—12):**

1. 2Al + 3Cl2 2A1Cl ;
2. АІС13 + 6NaOH .зб. конц. --+ Naз[A1(OH) ] + 3NaC1, (AlCl + 4NaOH зб. конц. М Na[A1(OH)4] + 3NaC1),



И — K2CrO4;



(A1C1 + 4NaOH .s6. конц. + 2H2O NO[A1(H2O) (OH)4] + 3NaCl)$

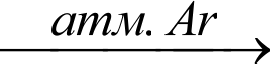
1. Na [A1(OH)6] NaAlOz + 2NaOH + 2Н2 , (Na[Al(OH)4] NaAlO2 + 2H2O), (Na[A1(H O)z(OH)4] NaAlO, + 4Н2 )і
2. Na [Al(OH)6] + 3CO, зб. --+ Al(OH) + + 3NaHCO ,

(Na[Al(OH)4] + СО2 изб. Al(OH) 1 + NaHCO ),

(Na[Al(H О) (OH)4] + СО2 изо. --+ Al(OH) + + NaHCO + 2H О);

(5) A1(OH) + 3HF „ + 3NaF Na [A1F6]J + 3H2

(6) A1C1 + 3NH3 изб. + 3Н2О A1(OH) 1 + 3NH4C1;

1. 2Сг + 3C1z 2CrCl ;
2. 2CrCl + ЗNазЅ + 6H О --+ 2Cr(OH) 1 + 3NaC1 + ЗНзЅ1;
3. 2CrClз + 2HC1 + 2Сг  4CrC12 + H2 ,

(2Crc1, + cc *атм. Ar* зcrcl,);

1. 2Cr(OH) + ЗИ Оз + 4KOH --+ 2KgCГO4 + 8Н2 ;
2. 2К ЦСГО4 + H 2 4 разб. К@СГ@О) + K 2 4 + H 2 ;
3. 2KgCГO4 тв. + 16HCl конц. 2CrC1 + 3Cl2 + 4KCl + 8HgO.
4. Тривиальное (оно же минералогическое) название соединения Д — **криолит.** Для получения алюминия используется смесь Al О (=10—15 %) и Na [AlF6] (385—90 %). Криолит позволяет существенно понизить температуру проведения электролиза пл A12O3) 2053 °С!), а также значительно увеличить электропроводность расплава.
5. Водный раствор хлорида хрома (II) будет быстро окисляться кислородом воздуха до

соединений Cr(III):

4CrC12 + O2 + 2H2O --+ 4Cr(OH)Cl .

или (в присутствии HCl): 4CrCl + О, + 4HC1 --+ 4CrClj + 2HzO

*Система оценивания:*

1. *Металлы Х и У (с расчётами) 1 балл*

*Примечание: без расчётов ответ оценивается 0,5 балла.*

1. *Формулы соединений A—К 0,5 6. х 10 —— 5 баллов Уравнения реакций (1—12) 1 6. х 12 —— 12 баллов Всего за пункт 2 17 баллов*

*Примечания: если не указано агрегатное состояние соединения И в реакции 12 — 0,5 баллов*

*за эту реакцию; если в уравнениях реакций нет стехиометрических коэффициентов, но указаны все реагенты и продукты — 0,5 балла,’ в иных вариантах (нет коэффициентов и указаны не все вещества-участники реакции) — ответ оценивается в 0 баллов.*

*Тривиальное (минералогическое) название соединения Д 0,5 балла Цель добавления Д (любая из двух перечисленных в решении) 0,5 балла Всего за пункт 1 балл*

1. *Уравнение реакции окисления раствора 3 на воздухе 1 балл*

*Примечание: необходимо оценивать 1 баллом уравнения реакций с образованием других оснkвных солей хрома(ІІІ) или средней соли в присутствии соляной кислоты; если в уравнении реакции нет стехиометрических коэффициентов, но указаны все реагенты и продукты — 0,5 балла; в иных вариантах (нет коэффициентов и указаны не все вещества- участники реакции) — ответ оценивается в 0 баллов.*

*Всего 20 баллов*

## *Решение Задачи 9-2 (автор: ЛеdеЬева О.К.)*

* 1. Из условия задачи видно, что элемент Х может образовывать по меньшей мере две кислоты, одна из которых очень сильный окислитель. Кислота 1 получается при действии азотной кислоты на простое вещество. Значит, элемент Х — неметалл, расположенный в главных подгруппах 6—7 групп. Неметаллы главных подгрупп 4—5 группы могут образовывать несколько кислот. Сильным окислителем, способным растворять золото, может быть только азотная кислота в смеси с соляной (царская водка), но в условии сказано, что в реакции не образуются газообразные продукты. Галогены в природе в виде простых веществ не встречаются, значит, речь может идти только об элементе 6 группы главной подгруппы.

В природе часты минералы, содержащие cepy и cepa встречается в самородном виде.

У элементов 6 группы могут быть кислоты состава H2 ОЗ и H2 O4 ( = S, Se, Те, Po).

Элемент У — cepa. Элемент Х может быть селен, теллур или полоний. По процентному составу **кислоты** 1 Н ЭО элемент Х — селен (Se). (ю = M(Se)/M(H SeO ) = 79/129 =

61.2 %). Тогда кислота 1 — Н ЅеОз а кислота 2 — H2SeO4

* 1. 3Se + 4HNO3 + НЛО = 3Н2ЅеО + 4NO (реакция 1, можно и NO2)

Н SeO + Н О, = H2$ eO4 + Н20, (реакция 2)

2Au+6H SeO4=Auz(SeO4)3 + ЗИ $еО + ЗИ О (реакция 3) или

2Au + 6H, SeO4 = Au2(SeO4)3 + 3SeO2 + 6H2O или

2Au + 7H, SeO4 - 2H[Au(SeO4)2] + SeO, + 6H О.

* 1. Селен от Селены греческой богини луны.
  2. Остановим состав соединения Б. Исходя из того, что оно бинарное и включает селен, можно предположить, что это соединение с водородом, алюминием, натрием или оксид. По процентному содержанию селена с учетом того, что в состав входят цепочки Ѕе4 можно исключить соединения с водородом и кислородом. Значит, это алюминий или натрий. Рассмотрим соединение с натрием:

Na,Se х . у = (12.6 / 23) : (87.3 / 79) = 0.55 . 1.1 = 1 . 2.

Простейшая формула NaSe,. Т. к. соединение содержит цепочки Ѕе4. то формула В = Na, Se4. Для алюминия нет веществ, удовлетворяющих условию.

l2Se + 2 Al + 8 NaOH = 3Na Ѕе4 + 2 NaAlO2 + 4 Н2О (реакция 4)

*Система оценивания:*

1. *Установление элементов Х,У по 2 балла,*
2. *Установление формулы кислоты 1 и 2 по 1.5 балла*
3. *Уравнения реакции 1—3 no 2 балла*
4. *Ответ на вonpoc 3*
5. *Установление формулы вещества Б*
6. *Уравнение реакции 4*

4 балла

3 балла

6 баллов

1 балл

4 балла

2 балла

*ИТОГО: 20 баллов*

*Решение Задачи 9-3 (авторь: Медведев И. Н., flолженко В.Д.)*

* 1. После первых двух опытов нетронутым осталось вещество А массой 0,6005 г. Далее его сожгли и получили газообразный оксид Е, количество которого равно 1,12 / 22,4 = 0,05 моль. Пусть он содержит два атома А в молекуле, тогда количество А равно 0,1 моль и

*М(А) ——* 0,6005: 0,1 = 6 г/моль,

то есть близко к литию. Но литий газообразных оксидов не образует (к тому же, он растворился бы в предыдущих опытах).

Значит, в молекуле Е один атом А. Тогда количество А равно 0,05 моль и

*М(А) ——* 0,6005: 0,05 = 12 г/моль.

Тогда это углерод и углекислый газ. Итак, А — это С, Е — это CO2- Значит, в задаче идёт речь об элементах подгруппы углерода.

*Раствор 1* не содержит А и Б, значит в нём содержится только нитрат элемента В (так как раствор получен растворением В в азотной кислоте). Причём азотная кислота в такой концентрации окисляет элементы группы углерода только до степени окисления +2. В опыте 4 этот нитрат выделили из раствора и растворили в воде. После этого с помощью сульфида калия был осаждён, вероятно, сульфид. Тогда 3 имеет формулу BS (степень окисления равна +2). Если атомная масса В равна х, то массовая доля В в соединении 3 равна

' “ 1



< + 32

а поскольку масса 3 равна 3,5890 г, то масса простого вещества В равна

3,58903

# ' х + 32

Оставшиеся элементы подгруппы углерода при растворении в концентрированной щёлочи окисляются до соединений со степенью окисления +4. Значит, при добавлении кислоты в опыте 5 выпадает гидратированный оксид вида БО uH О. Он при прокаливании даст оксид БОГ (он же вещество И). Пусть молярная масса Б равна *у.* Тогда, аналогично предыдущим рассуждениям, исходя из того, что масса И равна 2,1030 г, масса Б равна

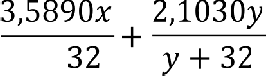
2,1030y

' 2 2 ’ ,1030 =



у + 32

Так как масса исходной смеси равна 4,6915 г, а масса углерода равна 0,6005 г, то

1 +' 2

*х +*

4,6915 — 0,6005 = 4,0910

# = 4,0910

4189,184 + 63,616y



1,601y — 16,064

# Рассмотрим все возможные варианты:

Если Б — это свинец, то *у ——* 207,2, тогда х = 55, то есть марганец. Но он находится не в группе углерода.

Если Б — это олово, то *у ——* 118,71, тогда х = 67,5, то есть между галлием и цинком. Но ни тот, ни другой не располагаются в группе углерода.

Если Б — это германий, то *у ——* 72,61, тогда т = 88, то есть стронций. Он тоже не в группе углерода.

Если Б — это кремний, то у = 28,09, тогда х = 207, то есть свинец.

Число рассматриваемых вариантов можно сократить, если знать, что в щёлочи растворяются только кремний и олово, а чёрный сульфид образует свинец.

Значит, Б — это Si, В — это Pb, И — это SiOz. 3 — это PbS.

Газ Г — один из оксидов азота, которые обычно выделяются при реакциях металлов с азотной кислотой. Молярная масса Г при этом равна 14,88 2,02=30 г/моль. Из всех оксидов азота такую молярную массу имеет только NO. Г — это NO.

При реакции кремния с концентрированной щёлочью образуется водород. Значит, газ Д — это Н .

Ж кристаллизовалось из раствора, полученного пропусканием через щёлочь углекислого газа. Значит, это карбонат натрия. Но массовая доля кислорода в Ж равна 72,68 % (в безводном карбонате — 45,28 %). Значит, это кристаллогидрат вида N СО,-nH О. Массовую долю кислорода в нём можно выразить:

# 48-F16n

106a-18n

Значит, Ж — это Na СО 10Н О.

* 1. *Уравнения реакций*

# = 0,7268. Значит п = 10,0

* + 1. 3 Pb + 8 HNO3' 3 Pb(NO3)z + 2 NOT + 4 Н2О
    2. Si + 2NaOH + НЛО = Na SiO + 2 Н
    3. С + Оз = СОН
    4. СОН + 2 NaOH + 9 H2 ' NaзCO l0HgO
    5. Pb(NO ) + К S = 2 KNOW + PbSJ
    6. N\*z ›Оз + 2 HCl + (П—1) Н О = SiO2’ ПH О + 2 NaCl
    7. SiO 2‘ПН2 ' ЅіОз + П H 2
  1. Массы углерода и свинца рассчитаны ранее. Теперь довольно легко найти массовые доли веществ в исходной смеси:

# 0,6005 = 0,1280 = 12,80%

4,6915

*ш(РЬ) ——* 3,1080 = 0,6625 = 66,25%

# 4,6915

ю(Ѕі) = 100 % — 12,80 % — 66,25 % = 20,95 %

Количество выделенного из раствора гидрата карбоната натрия:

*v(Na СО* 10// 0) = 8,5637

= 0,030 БОЛЬ

2 286,17

Т. к. на 1 формульную единицу Na2CO 10Н О приходится 1 моль углерода, максимальное количество Na СО 10Н О равно исходному количеству моль углерода, т. е. 0,05 моль.

# v 0,03 = 0,6 = 60%

*Система оценивания:*

1. *Определение веществ А — И по 0,5 балла*

*Расчёты NO, СОz , PbS, SiOz, NazCOз 10НzO по 1 баллу*

1. *Уравнения реакций по 1 баллу*
2. *Расчёт массовых долей веществ в исходной смеси — 2,5 балла (верные массовые доли для любых 2-х по 1 баллу, третий — 0,5 балла) Расчёт выхода NazCOз 10НzO — 1 балл*

9,5 баллов

7 баллов

3,5 балла

*МТОГО: 20 баллов*

## *Решение Задачи 9-4 (авторы: flроздов А. А., Андреев М.Н.)*

Бурый газ, выделяющийся при реакции неизвестного вещества с концентрированной азотной кислотой — это оксид азота (IV) NO2. Осадок ХЗ, образующийся при действии раствора хлорида бария на азотнокислый раствор, полученный при растворении Х , это сульфат бария BaSO4, нерастворимый в кислотах (фосфат бария в этих условиях не образуется, т. к. в растворе кислая среда из-за большого избытка азотной кислоты). Осадок X4, полученный при добавлении нитрата серебра, это хлорид серебра AgCl. Желтый осадок Х , образующийся при осторожном добавлении щелочи, может представлять собой оксид

ртути HgO или фосфат серебра Ag РО4. Массовое отношение ХЗ : Х = 1,074 для BaSO4 :

HgO, что не соответствует приведенному в условии. В случае фосфата серебра мольное отношение Ag РО4 BaSO4 =419 1,39 : 233 = 1 : 2,5, то есть 2Ag РО4 5BaSO 4. что соответствует соотношению элементов Р : S = 2 : 5 и формуле Х P2$5

Итак,

dl ' 2 5, xz = Not, ХЗ' BaSO4›

X4' AgCl,

Х$ = Ag3 4

2) **Уравнения реакций:**

. 2 5 + 40HNO = 2H РО4 + 5Н 2 O4 + 40NOz+ 12HzO;

* 1. HgSO4 + BaC12' BaS 4 + 2HC1;
  2. АgNОЗ(изб) + НС1 = AgCl1 + HNO ;
  3. HNO + NaOH = NaNO + Н О;
  4. 2НЗРО4 + 6NaOH + 3AgNO = 2Ag РО4 + 6NaNO + ЗИ О.

*Система оценивания:*

1. *Определение веществ X — Xz по 2 балла*
2. *Уравнения реакций по 2 балла*

10 баллов

10 баллов

*МТОГО: 20 баллов*

## *Решение Задачи 9-S (автор: Ерёмин В.В.)*

1. Найдём молярную массу газа.

*м —— RT* 03968 8.314 288 = 77.3 г/моль

*Р* 30

Газа состава ХУ (по условию, число атомов обоих элементов — одно и то же) с такой молярной массой нет, следовательно он представляет собой смесь газов. Оба газа поглощаются щелочью, поэтому весьма вероятно, что это — кислотные оксиды, поэтому один из двух элементов — кислород.

Один из газов имеет молярную массу больше, чем 77.3 г/моль, и представляет собой кислотный оксид. Можно предположить Cl2O, тогда второй газообразный оксид — C1O2. Из условия N(C1) = *N(O)* находим, что N(C12O) = N(C1O2). т. е. газ представляет собой эквимолярную смесь C1 О и ClO,. Проверяем:

Mcp С @О, ClOz)' 0.SO(C1 О) + 0.5M(ClO ) = 77.25 г/моль — подходит.

1. а) При освещении давление увеличивается в 1.5 раза. Это соответствует полному разложению обоих оксидов на простые вещества:

С 2 С 12 + ' O 2

C1O2' ' Cl2 + O 2

В результате разложения образуется эквимолярная смесь С12 и О . При добавлении щёлочи весь хлор поглощается, окраска исчезает, и давление уменьшается в 2 раза:

С12 + 2KOH = КС1 + KClO + Н О

(газ холодный, поэтому образуется гипохлорит).

6) При нагревании давление меняется как вследствие увеличения температуры, так и за счёт химической реакции. Пересчитаем давление на исходную температуру 15 °С:

39.5 кПа 288 К / 303 К = 37.5 кПа.

Это означает, что за счёт химической реакции оно увеличилось на 'Z4 по сравнению с

# первоначальным. Следовательно, при 30 °С разложился только один из двух оксидов. Какой именно? Допустим, исходная смесь содержала по х моль Cl О и CIO , всего 2x моль. После нагревания общее количество вещества увеличилось на 'Z4 и составило 2.5x моль, а после добавления щёлочи осталось всего 0.5s моль газа (давление уменьшилось в 5 раз). И хлор, и неразложившийся оксид хлора поглощаются раствором щёлочи, следовательно остался кислород О2 В таком количестве (0.5s моль) он образуется при разложении Cl О:

Cl 2O = Cl2 + ' 2 О

Реакции со щёлочью:

Cl2 + 2KOH = КС1 + KClO + Н О

(в этом случае можно принимать и образование КС1О3, так как температура более высокая),

2C1O2 + 2KOH = KClO2 + KClO3 + Н О.

*Ответы.*

1. По 50 % Cl,O И C1O2-
2. а) При освещении оба оксида разложились на простые вещества. б) При нагревании разложился только C1 О.

*Система оценивания:*

1. *Расчёт молярной массы газа*

*Идея о том, что газ представляет собой смесь Определение формул газов*

*Определение соотношения*

*(неважно, по молярной массе или no мольной доле)*

1. *4 Уравнения реакций по 2 балла*

*(2 реакции разложения, реакции CI з и CIOз со щёлочью) если продукты правильные, но реакция не уравнена — 1 балл*

*Объяснение эксперимента с освещением, с расчётами (идея полного разложения без расчётов — 1 балл)*

*Объяснение эксперимента с нагреванием Из них*

*за идею разложения только одного из оксидов — 1 балл за пересчёт давления к исходной температуре — 1 балл*

1 балл

1. балл
2. балла

2 балла

8 баллов

2бsлла

4 балла

*МТОГО: 20 баллов*

