**Министерство образования и науки РТ**

**Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 2022–2023 гг.**

**Решения**

**Инструкция для жюри**

**Жирным шрифтом** выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Уравнения реакций с неверными или отсутствующими коэффициентами, как правило, оцениваются в половину от максимального количества баллов, а в тех случаях, когда уравнения без коэффициентов приведены в самом условии, в 0 баллов.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1–3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения. Максимальный балл за все задачи в 8 классе 44 балла, в 9 классе 50 баллов, в 10 классе 49 баллов, в 11 классе 59 баллов.

**8 класс**

**Задание 1.**

1. Антон считал, что нагревается только жидкая вода, поэтому количество сообщённой теплоты для нагревания до температуры *t* было равно:

*Q* = 200·4.20·(*t*–20).

Ваня учёл и фазовый переход, и нагревание газообразной воды. В этом случае теплота *Q* складывается из трёх теплот:

Нагревание жидкой воды: *Q1* = 200·4.20·80 = **67 200 Дж** **(2 балла).**

Испарение воды: *Q2* = 200·2.30·1000 = **460 000 Дж (2 балла)**.

Нагревание газообразной воды: *Q3* = 200·2.20·(*t*-100)

Поскольку ученики получили одну и ту же температуру *t*, уравнения Вити и уравнение Вани можно приравнять:

200·4.20·(*t*–20) = 67 200 + 460 000 + 200·2.20·(*t*–100)

После раскрытия скобок получим:

840*t* – 16800 = 527 200 + 440*t* – 44000

400*t* = 500000

Откуда ***t* = 1250°С (4 балла)**

2. Для нагревания до такой температуры воде необходимо было сообщить 67,2 + 460 + 200·2.20·(1250–100)= **1033.2 кДж** **(2 балла)** тепла.

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 2.**

1. Рассмотрим 1 моль смеси, в котором будет содержаться *x* моль кальция и (1–*x*) моль магния. По условию, мольная доля магния превышает мольную долю кальция. Тогда (1–*x*) > *x*, откуда *x* < 0.5. Это первое граничное условие.

Масса кальция в смеси будет равна 40.08*x*, а масса магния 24.305(1–*x*). Первая величина должна превышать вторую. Тогда 40.08*x* > 24.305(1–*x*), или 64.385*x* > 24.305, или *x* > 0.3775. Это второе граничное условие.

Объединение условий даёт: **0.3775 < *x* < 0.5 (запись верных граничных условий для массовых или мольных долей кальция или магния – 5 баллов).**

Максимально возможная **мольная доля магния** в смеси будет при наименьшем *x* и равна (1-0.3775) = 0.6225 или **62.25 %** (расчёты c молярными массами, округлёнными до целых, дают *x* > 0.375 и долю магния **62.5 %**) **(2,5 балла).**

2. Максимально возможное массовое содержание кальция в смеси будет для *x*, стремящемуся к 0.5. Массы кальция и магния составят 40.08·0.5 = 20.04 г и 24.305·0.5 = 12.153 г, а масса смеси будет равна 32.193 г. **Массовая доля кальция** 20.04/32.193 = 0.6225 или **62.25 %** (расчёты с округлёнными молярными массами приводят к ответу **62.5 %**) **(2,5 балла).**

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 3.**

1. **NH3, KI (по 0.75 балла)**
2. **SiO2**, **CO (по 0.75 балла)**
3. **KMnO4, H2SO4 (по 0.75 балла)**
4. **KOH, KI (по 0.75 балла)**
5. **H2O, Xe, O2 (по 0.5 балла)**
6. **PbO2, H2O (по 0.75 балла)**
7. **O2, I2, K2SO4 (по 0.5 балла)**
8. **BeCl2, AlCl3, CO (по 0.5 балла)**

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 4.**

1. Обозначим за *m*X массу **X**, *M*X – молярную массу **X**. Тогда масса раствора с массовой долей ω будет равна *m*X/*ω*, а объём этого раствора в мл - *m*X/(*ω·ρ*). Поскольку молярная концентрация определяется как отношение количества растворённого вещества (*n*X = *m*X/*M*X) к объёму раствора в л, можно составить следующее выражение:



где 1000 отвечает за перевод мл в л. Масса **X** в полученном выражении сокращается, что позволяет выразить молярную массу растворённого вещества через молярную концентрацию, массовую долю растворённого вещества и плотность раствора:



Проведя такой расчёт по единственной строке таблицы с полной информацией, получим:



Неизвестное соединение явно обладает высокой химической активностью и хорошей растворимостью в воде. Среди распространённых соединений с этими свойствами молярную массу 98 г/моль имеет серная кислота **H2SO4 (3 балла)**.

2. Используя ранее выведенные соотношения, заполним пропуски в таблице. Для предпоследней строки неизвестна массовая доля:



Отсутствующее значение – **20 %**.

В первой строке неизвестна плотность:



Оставшаяся строка таблицы содержит сразу две неизвестные величины. Логично предположить, что шаг массовой доли в таблице – 5%, и пропущенное значение равно **15%**:



Восстановленная таблица имеет вид:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **C, моль/л** | **ω, %** | **ρ, г/мл** |
| 1.087 | 10 | **1.0653** |
| 1.685 | **15** | **1.1009** |
| 2.324 | **20** | 1.1394 |
| 3.004 | 25 | 1.1919 |

**За каждое восстановленное значение 1.5 балла.**

3. Справочник **сернокислотчика** **(1 балл).**

**Всего максимум 12 баллов.**

**9 класс**

**Задание 1.**

1. Обозначим за *m*X массу **X**, *M*X – молярную массу **X**. Тогда масса раствора с массовой долей ω будет равна *m*X/*ω*, а объём этого раствора в мл - *m*X/(*ω·ρ*). Поскольку молярная концентрация определяется как отношение количества растворённого вещества (*n*X = *m*X/*M*X) к объёму раствора в л, можно составить следующее выражение:



где 1000 отвечает за перевод мл в л. Масса **X** в полученном выражении сокращается, что позволяет выразить молярную массу растворённого вещества через молярную концентрацию, массовую долю растворённого вещества и плотность раствора:



Проведя такой расчёт по единственной строке таблицы с полной информацией, получим:



Неизвестное соединение явно обладает высокой химической активностью и хорошей растворимостью в воде. Среди распространённых соединений с этими свойствами молярную массу 98 г/моль имеет серная кислота **H2SO4 (3 балла)**.

2. Используя ранее выведенные соотношения, заполним пропуски в таблице. Для предпоследней строки неизвестна массовая доля:



Отсутствующее значение – **20 %**.

В первой строке неизвестна плотность:



Оставшаяся строка таблицы содержит сразу две неизвестные величины. Логично предположить, что шаг массовой доли в таблице – 5%, и пропущенное значение равно **15%**:



Восстановленная таблица имеет вид:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **C, моль/л** | **ω, %** | **ρ, г/мл** |
| 1.087 | 10 | **1.0653** |
| 1.685 | **15** | **1.1009** |
| 2.324 | **20** | 1.1394 |
| 3.004 | 25 | 1.1919 |

**За каждое восстановленное значение 1.5 балла.**

3. Справочник **сернокислотчика** **(1 балл).**

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 2.**

1. При нагревании пищевая сода разлагается по реакции:

**2NaHCO3 = Na2CO3 + H2O + CO2 (1 балл)**

При добавлении уксусной кислоты и карбонат, и гидрокарбонат выделяют углекислый газ:

**NaHCO3 + CH3COOH = CH3COONa + CO2 + H2O (1 балл)**

**Na2CO3 + 2CH3COOH = 2CH3COONa + CO2 + H2O (1 балл)**

2. Общее количество углекислого газа равно суммарному количеству карбоната и гидрокарбоната натрия и составляет **n(CO2)** = 1.68/22.4 = **0.075 моль** **(0.5 балла)**, а начальное количество пищевой соды было равно 10/84 = **0.119 моль** **(0.5 балла)**. Если 2*x* моль гидрокарбоната разложилось при нагревании, то полученный после охлаждения раствор содержал (0.119 – 2*x*) моль гидрокарбоната и *x* моль карбоната натрия, то есть (0.119–2*x*) + *x* = 0.075. Решением данного уравнения является *x* = 0.044. Тогда разложилось 2*x* = 0.088 моль, или 0.088/0.119 = **0.74 или 74% (2 балла)** от исходного количества соды.

3. **Na2CO3 + CO2 + H2O = 2NaHCO3 (1 балл)**

**Na2CO3 + nH2O = Na2CO3·nH2O (Засчитывается образование любого гидрата, 1 балл)**

4. Пусть смесь массой 10 г содержит *x* моль Na2CO3, *y* моль NaHCO3 и *z* моль воды. При прокаливании смесь теряет всю воду в количестве *z* моль, а также *y*/2 моль углекислого газа и *y*/2 моль воды в соответствии с уравнением реакции разложения гидрокарбоната натрия. Углекислый газ в количестве 1.4/22.4 = 0.0625 моль выделяется из карбоната и гидрокарбоната, то есть его количество равно (*x* + *y*). Всё это позволяет составить следующую систему уравнений:

**106*x* + 84*y* + 18*z* = 10**

**18*z* + 18·*y*/2 + 44·*y*/2 = 18*z* + 31*y* = 10·0.4 = 4**

***x* + *y* = 0.0625 (3 балла)**

Выразим из второго выражения *z*, а из третьего *x* и подставим результаты в первое выражение:

106·(0.0625 – *y*) + 84*y* + 4 – 31*y* = 10

Откуда *y* = 0.0118, *x* = 0.0507, а *z* = 0.2019 моль.

Массовые доли равны: **Na2CO3 – 53.7% (1 балл), NaHCO3 – 9.9% (1 балл), воды – 36.3 % (1 балл)**.

5. **в) (1 балл)**

**Всего максимум 15 баллов.**

**Задание 3.**

Поскольку и катион, и анион соли **А** содержат один и тот же элемент-неметалл (большое количество газообразных соединений), а при добавлении щёлочи к раствору **А** выделяется газ, можно предположить, что **А** – соль аммония, а **B** – аммиак. Взаимодействие аммиака с кислородом в отсутствии катализатора приводит к образованию азота и воды, а в присутствии катализатора – к образованию NO и воды. Тогда **C** – вода. Монооксид азота окисляется легче азота, поэтому **D** – N2, **E** – NO. Продуктом окисления NO служит NO2, который в реакции с водой образует азотную кислоту и NO, как следует из условия. Тогда **A** – нитрата аммония.

После обработки нитрата аммония гидроксидом калия образуется щелочной раствор нитрата калия. Добавление в такой раствор цинка приводит к восстановлению нитрат-иона до аммиака.

Упомянутые в задаче соединения позволяют получить N2O. Для этого необходимо провести реакцию цинка с разбавленной азотной кислотой.

**Вещества:** **A – NH4NO3, B – NH3, C – H2O, D – N2, E – NO, F – NO2, G – HNO3**.

**По 1 баллу за каждое верное вещество.**

2.Уравнения реакций:

**1) NH4NO3 + KOH = KNO3 + NH3 + H2O**

**2) KNO3 + 4Zn + 7KOH + 6H2O = 4K2[Zn(OH)4] + NH3**

**3) 4NH3 + 3O2 = 2N2 + 6H2O**

**4) 4NH3 + 5O2 = 4NO + 6H2O**

**5) 2NO + O2 = 2NO2**

**6) 3NO2 + H2O = 2HNO3 + NO**

**7) NH3 + HNO3 = NH4NO3**

**За каждую реакцию по 0,5 балла.**

3. **H** – **N2O (0.5 баллов).**

8) **NH4NO3 = N2O + 2H2O** (**1 балл)**

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 4.**

1. Предположим, что один из продуктов реакции – хлороводород. Его молярная масса равна 36,5 г/моль. Тогда молярная масса второго компонента либо 36,5/1,38 = 26,4, либо 36,5·1,38 = 50,4 г/моль. Если предположить, что продукт хлорсодержащий, подходит соединений состава CH3Cl с молярной массой 50,5 г/моль.

Итак, **B – CH3Cl (1 балл)**, **A – HCl (1 балл)**.

Уравнение реакции: **CH4 + Cl2 = CH3Cl + HCl (2 балла)**

2. Теплота этой реакции равна разности теплот образования продуктов и реагентов. Теплота образования хлора равна нулю.

*Q*1 = 81,9 + 92,3 – 74,5 = **99,7 кДж/моль (2 балла)**

3. Установим состав **Е** расчётом. 35,5/0,922 = 38.5 г/моль. Молярная масса остатка равна 3 г/моль, что соответствует ¼ атома углерода. Формула вещества **Е – CCl4 (1 балл)**.

Логично предположить, что оставшиеся соединения промежуточные между CH3Cl и CCl4. Тогда **C – CH2Cl2 (1 балл)**, **D – CHCl3 (1 балл)**.

4. Обратим внимание, в что в ходе этой реакции образуется две связи H-Cl и две связи C-Cl и разрывается две связи C-H и Cl-Cl. В *реакции 1* происходит то же самое, но число разрывающихся и образующихся связей вдвое меньше. Тогда тепловой эффект реакции получения **С** должен вдвое превышать эффект *реакции 1*, и теплота реакции равна **199,4 кДж/моль**. **(2 балла)**

**Всего максимум 11 баллов**

**10 класс**

**Задание 1.**

1. Галит – название минерала с формулой **NaCl** – **А (1 балл)**.

Металл **M – Na (0.5 балла)**. Газ **D**, выделяющийся только при электролизе раствора, - водород **H2 (0.5 балла)**. Газ **B – Cl2 (0.5 балла)**, тогда **C – NaOH (0.5 балла)**.

Пропускание хлора через холодный раствор щёлочи ведёт к образованию гипохлорита натрия: **E** **– NaClO** **(1 балл).**

При нагревании основным продуктом будет хлорат натрия **F** – **NaClO3 (1 балл)**. При взаимодействии водорода с хлором образуется хлороводород: **G – HCl (1 балл).**

2. **1) 2NaCl = 2Na + Cl2 (электролиз расплава)**

**2) 2NaCl + 2H2O = 2NaOH + H2 + Cl2 (электролиз раствора)**

**3) Cl2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H2O**

**4) 3Cl2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO3 + 3H2O**

**5) 2NaClO3 = 2NaCl + 3O2**

**6) H2 + Cl2 = 2HCl**

**7) NaCl + H2SO4 = HCl + NaHSO4 или 2NaCl + H2SO4 = 2HCl + Na2SO4**

**За каждое уравнение реакции по 1 баллу.**

**Всего максимум 13 баллов**

**Задание 2.**

1) В качестве газа легче воздуха в дирижаблях использовался водород, легко воспламеняющийся и взрывающийся:

**2H2 + O2 = 2H2O** **(1 балл)**.

2) Речь идёт о процессе **Боша-Габера (1 балл)** – синтезе аммиака:

**3H2 + N2 = 2NH3** **(1 балл).**

3) Речь идёт о синтезе **Вёлера** **(1 балл)**- получении мочевины изомеризацией цианата аммония при небольшом нагревании:

**NH4OCN = (NH2)2CO** **(1 балл).**

4) Речь идёт о процессе **фотосинтеза (1 балл)**, упрощённое уравнение реакции для которого выглядит следующим образом:

**6CO2 + 6H2O = C6H12O6 + 6O2** **(1 балл).**

Реакция идёт в присутствии катализаторов группы хлорофиллов под действием солнечного света.

5) В дагеротипии использовалось разложение иодида серебра:

**2AgI = 2Ag + I2** **(1 балл).**

Реакция протекает под действием света.

6) Речь идёт о восстановлении нитробензола до анилина– **реакции** **Зинина (1 балл)**.

C6H5NO2 -> C6H5NH2 **(1 балл, достаточно схемы либо уравнения реакции с любым разумным восстановителем).**

7) Речь идёт о разрядке/зарядке свинцового аккумулятора:

**Pb + PbO2 + 2H2SO4 = 2PbSO4 + H2O либо 2PbSO4 + H2O = Pb + PbO2 + 2H2SO4 (1 балл).**

8) Речь идёт об открытии кислорода путём разложения оксида ртути при нагревании:

**2HgO = 2Hg + O2 (1 балл).**

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 3.**

1. Средняя молярная масса *смеси 1* 9,2 г/моль. Значит, при пиролизе метана (*M* = 16 г/моль) выделился водород (*M* = 2 г/моль) и образовался еще один углеводород. Третий компонент – неразложившийся метан. Средняя молярная масса углеводорода и водорода должна быть меньше 9,2. Можно проверить, что этому условию удовлетворяет только ацетилен **C2H2**, для этилена, этана и углеводородов с более чем двумя атомами углерода средняя молярная масса смеси будет выше 9,2. Качественный состав *смеси 1*: **CH4, C2H2, H2 (1 балл)**

При пропускании смеси ацетилена, водорода и метана над платиной будет идти реакция гидрирования. При этом ацетилен может гидрироваться в два этапа: сперва до этилена, а потом до этана. Качественный состав *смеси 2*: **CH4, C2H2, H2, C2H4, C2H6 (1 балл)**

Качественный состав *смеси 3*: **CO2, H2O, O2 (1 балл)**

**2CH4 = C2H2 + 3H2 (0,5 балла)**

**C2H2 + H2 = C2H4 (0,5 балла)**

**C2H4 + H2 = C2H6 (0,5 балла)**

**2C2H2 + 5O2 = 4CO2 + 2H2O (0,5 балла)**

**C2H4 + 3O 2 = 2CO2 + 2H2O (0,5 балла)**

**2C2H6 + 7O2 = 4CO2 + 6H2O (0,5 балла)**

**CH4 + 2O2 = CO2 + 2H2O (0,5 балла)**

**2H2 + O2 = 2H2O (0,5 балла)**

2. Пусть до начала реакции пиролиза было 2 моль метана, а прореагировало 2*x* моль метана. Тогда количество метана в продуктах равно (2-2*x*), количество ацетилена – *x*, количество водорода – 3*x*, общее количество – 2+2*x*.

Средняя молярная масса такой смеси равна:

*M* = [16·(2-2*x*) + 26*x* + 6*x*]/(2+2*x*) = 9,2,

откуда *x* = 0,74. Степень превращения метана составила **74 % (2 балла)**.

3. Смесь с плотностью по водороду 17,33 содержит только углекислый газ и кислород, оставшийся после сгорания. Средняя молярная масса этой смеси 34,66 г/моль. Составим уравнение вида:

34,66 = 44*x* + 32(1-*x*),

где *x* – мольная доля углекислого газа в смеси, решением которого будет *x* = **0,2216, или 2/9** **(1 балл)**. Таким образом, последняя смесь содержит углекислый газ и кислород в мольном соотношении 2 к 7. Если углекислого газа образуется 2 моль, то было взято 2 моль метана. Для полного сгорания *смеси 2* необходимо столько же кислорода, сколько для сгорания исходного метана, то есть 4 моль. Таким образом, для сгорания смеси было взято всего 4+7 = 11 моль кислорода. Это соответствует 11/4=**2,75** кратному избытку кислорода **(2 балла)**.

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 4.**

1. Среди газообразных продуктов разложения SnSO4 можно ожидать SO2 и SO3. Молярная масса SO3 действительно на 25% выше, чем у SO2. Тогда **D – SO3  (1 балл), B – SO2 (1 балл), A – SnO2 (1 балл), C – SnO (1 балл)**.

2. Рассчитаем величину  для каждой реакции. Для этого сперва рассчитаем изменение энтальпии и изменение энтропии для каждого процесса.

Для реакции 1:

 **(0,5 балла)**

 **(0,5 балла)**

Для реакции 2:

 **(0,5 балла)**

 **(0,5 балла)**

Для реакции 1 уравнение температурной зависимости энергии Гиббса имеет следующий вид: , а для реакции 2: .

Эти величины становятся отрицательными при температурах *T* > 631 K для реакции 1 и *T* > 1659 К для реакции 2. Разложение начинается при температуре **631 К** или **358 °С (3 балла)**.

3. Поскольку энергия Гиббса реакции 2 положительна при этой температуре, разложение идёт в соответствии с уравнением реакции 1. **(1 балл)**

4. Продукты разложения **X** SO3 и SnO2 соответствуют сульфату олова (IV) – **Sn(SO4)2 (1 балл)**. Соль **Y** – смешанный сульфат олова (II, IV) **Sn2(SO4)3 (1 балл)**.

**Всего максимум 12 баллов.**

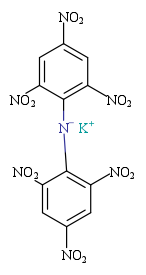
**11 класс**

**Задание 1.**

1.



**За каждую верную структуру 2 балла.**

2.  **(1 балл)**

**Всего максимум 13 баллов.**

**Задание 2.**

1. Соль **C**, обратимо разлагающаяся при нагревании на два газообразных вещества, вероятно, является солью аммония, а именно хлоридом **NH4Cl (2 балла)**. В этом случае жидкий **A** –жидкий аммиак **NH3** **(2 балла)**. Его масса может быть определена как разность масс продуктов PCl5: *m*(**A**) = 5,349 + 1,086 – 4,165 = 2,270 г, а количество вещества **A** равно 2.270/17 = 0.134 моль. Количество хлорида аммония составляет 5,349/53,5 = 0,1 моль, а количество пентахлорида фосфора – 4,165/208,5 = 0,02 моль. Соотношение количеств известных реагентов и продуктов позволяет составить следующее уравнение реакции:

3PCl5 + 20NH3 = …**B** + 15NH4Cl

Тогда формула **B** – **P3N5**. **(2 балла)**

Уравнение реакции синтеза:

**3PCl5 + 20NH3 = P3N5 + 15NH4Cl (1 балл)**

Уравнение реакции разложения:

**NH4Cl = NH3 + HCl (1 балл)**

2. Если записать реакцию разложения **B** в виде:

P3N5 = 3PNn + (5–3*n*)/2N2

То видно, что отношение оставшейся массы к начальной составляет:

3· (31 + 14*n*)/(31·3 + 14·5) = 0,77

Откуда ***n* = 0,77**. **(2 балла)**

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 3.**

1. По первой реакции можно догадаться, что **Х1**, видимо, **кислород O2** (**1 балл)**,так как только при сжигании из алкана получится вода. Тогда запишем известные части: 2С4H10 + 5О2 = 4**A** + 2H2O, тогда на 4 молекулы **А** приходится С8Н16О8, а на одну **С2Н4О2 (1 балл). А** – **уксусная или этановая кислота (1 балл).** (Другие вещества с такой же брутто-формулой, например, HCOOCH3 или CH2OH-CHO, не могут быть получены по реакциям 1-6 и не засчитываются).

** (1 балл за структурную формулу)**

2. **X1 O2**



**За каждую верную структуру 1,5 балла.**

**Всего максимум 12 баллов.**

**Задание 4.**

1. Так как родохрозит и азурит, согласно условию задачи, являются карбонатами, логично предположить, что выделяющийся во всех случаях газ – CO2. Если предположить, что родохрозит имеет формулу M2(CO3)n, где M­ неизвестный металл, а *n* его валентность, то уравнение, описывающее его растворение в соляной кислоте имеет следующий вид:

M2(CO3)n **+** 2*n*HCl = 2MCln + *n*CO2 + *n*H2O

В таком случае должно выполняться условие ν(HCl)/ν(CO2) = 2. В данном случае:





Таким образом, условие ν(HCl)/ν(CO2) = 2 выполняется. Попробуем найти металл. Из реакции следует, что количество минерала в 2*n* раз меньше, чем кислоты. Тогда ν(M2(CO3)n) = 8,7·10-3/2*n* = 0,500/ (2Ar(M) + 60*n*). Решая это уравнение получим М = 27,47*n*. При *n* = 2 получаем, что неизвестный металл – **марганец, а родохрозит - MnCO3 (2 балла).**

**MnCO3 + 2HCl = MnCl2 + CO2 + H2O (*реакция 1)* (2 балла)**

2. Для определения формулы азурита проделаем те же шаги, что и для родохрозита. Должно выполняться условие ν(HCl)/ν(CO2) = 2. Определим количества веществ HCl и CO2:





Получаем, что ν(HCl)/ν(CO2) = 3, следовательно, азурит не соответствует формуле M2(CO3)n. Таким образом, по-видимому в минерале содержится что-то, что реагирует с кислотой без выделения газа. Часто карбонатные минералы встречаются в виде основных карбонатов, которые можно представить в виде *x*M2(CO3)n·*y*M(OH)n. Предположим самый простой случай, где *х* = *y =* 1. Запишем уравнение реакции:

*­* M2(CO3)n·M(OH)n + 3nHCl = 3MCln + nCO2 + 2nH2O

Отсюда видно, что соотношение кислоты к газу 3 к 1. Подходит. Теперь можно найти молярную массу. Если n=1, то масса будет рассчитываться как 2.9·10-3/n = 0.5/(3Ar(M) + 17n + 60n). Отсюда находим Ar(M) = 31.8*n.* При *n*=2 получаем, что это **медь**. Итак, **формула азурита – Cu3(OH)2(CO3)2 (2 балла)**. Азурит растворяется в соляной кислоте в соответствии с уравнением

**Cu3(OH)2(CO3)2 + 6 HCl = 3 CuCl2 + 2 CO2 + 4 H2O (*реакция 2*) (2 балла)**

3. Сперва определим количество вещества CO2:



Пусть масса MnCO3 – *x* г, тогда масса Cu3(OH)2(CO3)2 – *(1–x)* г. Тогда количество выделяющегося CO2 можно представить в виде



Решаем составленное уравнение:



*x* = 0,31

Таким образом, **ω(MnCO3) = 31%**, **ω(Cu3(OH)2(CO3)2) = 69%.** **(2 балла)**

**Всего максимум 10 баллов**

**Задание 5.**

1. Способностью растворять стёкла обладает плавиковая кислота – водный раствор фтороводорода. **X – HF (2 балла)**.

2. Фтороводород получают взаимодействием фторида кальция – плавикового шпата – с серной кислотой (***реакция 1***):

**CaF2 + H2SO4 = CaSO4 + 2HF (1 балл)**

Водный раствор HF растворяет диоксид кремния по реакции (***реакция 2***):

**6HF + SiO2 = H2SiF6 + 2H2O (1 балл)**

Криолит – Na3AlF6 – может быть получен в результате ***реакции 3***:

**12HF + 3Na2CO3 + 2Al(OH)3= 2Na3AlF6 + 3CO2 + 9H2O (1 балл)**

Алюминий получают электролизом раствора его оксида в криолите (***реакция 4***):

**2Al2O3 = 4Al + 3O2 (1 балл)**

3. Средняя молярная масса может быть рассчитана по формуле:

*M*ср = 20·0,88 + 40·0,07 + 120·0,05 = **26,4 г/моль (1 балл)**

Плотность газа можно найти с использованием преобразованного уравнения Менделеева-Клапейрона:

 **(1 балл)**

4. Исходя из того, что объемная доля для газов равна мольной доле, рассчитаем парциальные давления каждой формы:

*p*(X) = 0.88·200кПа/105Па = **1.76 бар (1 балл)**

*p*(X2) = 0.07·200кПа/105Па = **0.14 бар (1 балл)**

*p*(X6) = 0.05·200кПа/105Па = **0.1 бар (1 балл)**

Отсюда найдем константы:

*K* (димеризации) = *p*(X2) /[*p*(X)]2 = 0.14/1.762 = **0.045 (1 балл)**

*K* (гексамеризации) = *p*(X6) /[*p*(X)]6 = 0.1/1.766 = **0.0034 (1 балл)**

*ΔG°* (димеризации) = –8.314·333·ln(0.045) = **8.6 кДж/моль (0.5 балла)**

*ΔG*° (гексамеризации) = –8.314·333·ln(0.0034) = **15.8 кДж/моль (0.5 балла)**

**Всего максимум 14 баллов.**