**8 класс**

**Задание 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **Г** | **В** | **А** | **Б** | **В** | **Б** | **Г** | **Б** | **В** | **A** |

**По 1 баллу за правильный ответ. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.**

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 2.**

1. Из условия задачи известно, что количество одновалентного металла M1 в сплаве равно количеству четырехвалентного металла M2:

n(M1) = n(M2)

Тогда можно записать следующее выражение:

,

где m(M1) и m(M2) – масса металлов M1 и M2, соответственно. То есть



При взаимодействии сплава с избытком хлора вероятнее всего образуются их хлориды в высших степенях окисления, то есть M1Cl и M2Cl4. Для полученных хлоридов молярные массы будут равны:

M(M1Cl) = M(M1) + 35,5

M(M2Cl4) = M(M2) + 35,5·4

Кроме того, очевидно, что количество образующихся хлоридов одинаково. Таким образом, можно составить следующую систему уравнений:



Решая ее, находим, что M(M1) = 108, что соответствует серебру Ag.

Тогда M(M2) = 108·4,44/10 = 48, что соответствует титану Ti.

Таким образом, **M1 – серебро (3 балла), M2 – титан (3 балла)**.

2.

**2Ag + Cl2 = 2AgCl (1 балл)**

**Ti + Cl2 = TiCl4 (1 балл)**

**Всего максимум 8 баллов.**

**Задание 3.**

1. Элементами, название которых женского рода, являются сера, медь, сурьма, платина и ртуть. Элементами, название которых среднего рода, являются железо, серебро, олово и золото. Очевидно, что элементом **А** из первого ряда является сера S. При взаимодействии с металлами из второго ряда будут образовываться сульфиды: Ag2S, FeS и SnS. С золотом сера взаимодействовать не будет. Значит **A – S, X – Ag, M – Au. (По 1 баллу за каждое вещество).**

**S + 2Ag = Ag2S (0,5 балла)**

2. При взаимодействии олова с серой может образоваться вещество золотистого цвета – SnS2. А растворять олово и серу из приведенного списка может только ртуть. (Этот вывод также подтверждается ниже массовой долей серы в одном из сульфидов железа). Значит, **Y – Sn, Z – Fe, B – Hg. (По 1 баллу за каждое вещество).**

**S + Sn = SnS (0,5 балла)**

**2S + Sn = SnS2 (0,5 балла)**

3. Из массовой доли А можно найти состав соединения FexSy:

M (FexSy) = 32y/0,53,

x = (32y/0,53 – 32y) / M(Fe)

Перебирая различные значения y, можно найти, что при y = 2, вещество будет иметь состав **FeS2 (1 балл)**, что соответствует формуле минерала пирита.

Другим бинарным соединением железа и серы является **Fe2S3 (1 балл)**.

4. Сера при комнатной температуре состоит из восьмиатомных молекул и, строго говоря, имеет формулу S8. Поэтому юный химик **прав (0,5 балла)** и чтобы получить FeS, необходимо взять на 1 моль S8 8 моль Fe:

**S8 + 8Fe = 8FeS (1 балл, 0,5 балла, если написано Fe + S =FeS)**

**Все другие уравнения засчитываются как верные и в том случае, если в них фигурирует S8.**

**Всего максимум 11 баллов.**

**Задание 4.**

**1. NaHSO3**

**2. Na2SO4·10H2O**

**3. Na2S2O3**

**4. NaHSO4**

**5. Na2S2O8**

**6. Na2S2O7**

**7. NaHS**

**8. H2O**

**8. H2S8**

**10. Na2S2O3·5H2O**

**По 1 баллу за правильный ответ. Если указана неверная с химической точки зрения формула (NaSO4 вместо Na2S2O8, HS4 вместо H2S8, Na2SO14H20 вместо Na2SO4·10H2O), по 0,7 балла.**

**Всего максимум 10 баллов.**

**9 класс**

**Задание 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| **Б** | **Б** | **В** | **Г** | **Г** | **В** | **В** | **A** | **Г** | **В** | **В** | **Г** | **Б** | **Г** | **Г** |

**По 1 баллу за правильный ответ. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.**

**Всего максимум 15 баллов.**

**Задание 2.**

1. Sodium – латинское название натрия. Состав содово-известкового стекла можно выразить формулой **xNa2O∙yCaO∙zSiO2. (1 балл)**

2. В процессе сплавления протекают реакции разложения карбонатов:

K2CO3 = K2O + CO2

CaCO3 = CaO + CO2

Итоговое количество оксида калия равно количеству карбоната калия: *n(K2O) = n(K2CO3) = m(поташа)∙ѡ(K2CO3)/M(K2CO3) = 484∙0,97/138,20 = 3,397 моль*; то же справедливо и для карбоната кальция: *n(CaO) = n(CaCO3) = m(мела)∙ѡ(CaCO3)/M(CaCO3) =362∙0,94/100,09 = 3,400 моль*.

Количество диоксида кремния может быть найдено следующим образом: *n(SiO2) = m(песка)∙ѡ(SiO2)/M(SiO2) = 1316∙0,93/60,08 = 20,371 моль*. Тогда соотношение ***x:y:z*** равно 3,397 : 3,400 : 20,371 = **1:1:6**. **(3 балла)**

3. Масса стекла может быть найдена как сумма масс его составляющих:

***m(стекла)*** *= m(K2O) + m(CaO) + m(SiO2) = n(K2O)∙M(K2O) + n(CaO)∙M(CaO)+ n(SiO2)∙M(SiO2) = 3,397∙94,2 + 3,400∙56,08 + 20,371∙60,08 =* **1734 г** **(1 балл)**

4. Выразим массовые доли кислорода и кальция через *x*, *y* и *z*:

*ѡ (O) = 16,00∙(x + y + 2∙z)/(94,2∙x + 56,08∙y + 60,08∙z) = 0,4192*

*ѡ (Ca) = 40,08∙y/(94,2∙x + 56,08∙y + 60,08∙z) = 0,0553*

Делением одного уравнения на другое получим:

*16,00∙(x + y + 2∙z)/(40,08∙y) = 0,4192/0,0553 = 7,58*;

*18∙y = x + 2∙z*

Для удобства зафиксируем одну из переменных: *y* = 1. Подстановка в одно из исходных уравнений ведёт к *x* = 2 и *z* = 8, откуда ***x : y : z*** = **2 : 1 : 8 (3 балла)**

5. Обозначим формулу оксида как MOx. Тогда массовая доля кислорода может быть выражена как *ѡ (O) = 16,00∙x/(M*(M)*+16,00∙x) = 0,4800*. Решение данного уравнения даёт *M*(M)/*x =* 17,33, что соответствует хрому при *x = 3*. Таким образом, формула первого оксида – **CrO3**. **(1 балл)**

Аналогичный расчёт по массовой доле металла для второго оксида даёт *x = 1,5*. Искомый оксид будет верно записать не как CrO1,5, а как **Cr2O3**. **(1 балл)**

**Всего максимум 10 баллов.**

**Задание 3.**

1. Na2CO3 + 2HCl = 2NaCl + CO2 + H2O

Пусть *a,b,c* –массовая доля карбоната натрия в растворах **А, В** и **С**. При н.у. 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л. Из уравнения реакции количество углекислого газа равно количеству карбоната в реакции. Молярная масса карбоната натрия – 106 г/моль. Запишем и решим систему из трех уравнений:



Таким образом, массовые доли карбоната натрия в растворах **А, В** и **С** соответственно равны **15,6%, 11,2%, 15,0% (по 1 баллу).**

2. Массовая доля соли в каждой из смесей будет находиться как отношение массы карбоната натрия и общей массы раствора.

Смесь 1: 

Смесь 2:

Смесь 3: **(по 0,5 балла)**

3. Найдем количество кислоты и карбоната натрия:



Поскольку газ не выделялся, реакция идет с образованием гидрокарбоната натрия:

Na2CO3 + HCl = NaHCO3 + NaCl

В растворе остаются две соли, количества которых равны также 0,395 моль. Масса раствора 103 + 300 = 403 г. Тогда массовые доли компонентов:



**(По 1 баллу).**

4. Смесь 1 состоит из 42,2 г соли и 300 – 42,2 = 257,8 г воды. Если при 0ᵒС выпадет *x* г гидрата, то масса воды в растворе уменьшится до 257,8 – 180*x*/286 г, в которой будет растворено 6,75/100·(257,8 – 180*x*/286) г соли. Тогда из условия сохранения общей массы соли 6,75/100·(257,8 – 180*x*/286) + 106/286*x* = 42,2 находим *x* = **75,6 г** осадка **(2,5 балла).**

**Всего максимум 9 баллов.**

**Задание 4.**

1. Смесь сульфида свинца с пероксидом бария после реакции меняет цвет с **чёрного** на **белый**:

**4BaO2 + PbS = PbSO4 + 4BaO**

Карбонат никеля разлагается при нагревании, изменяя цвет с **зелёного** на **чёрный**:

**NiCO3 = NiO + CO2**

**(по 1 баллу за реакцию и по 0,25 баллов за каждый цвет; итого до 3 баллов за пункт)**

2. Общая формула кристаллогидрата MCl2∙*n*H2O. Потеря массы при нагревании этого вещества – это массовая доля воды в соединении. Выразим её через молярную массу металла *М* и *n*:

*ѡ (H2O)* = 18,02∙*n*/(*M* + 70,91 + 18,02∙*n*) = 0,4544. После преобразований получим:

*M* = 21,64∙*n* – 70,91. Составим таблицу зависимости *М* от *n*, заметив, что при *n* < 4 молярная масса отрицательна:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| *M* | 15,65 | 37,29 | 58,93 | 80,57 | 102,21 |

Молярная масса около 59 г/моль соответствует никелю или кобальту, но описанные цвета характерны только для кобальта. Молярная масса около 102 г/моль соответствует родию, но его нельзя назвать распространённым металлом. Таким образом, искомое соединение - **CoCl2∙6H2O (2 балла)**.

3. **K2HgI4 + SO2 + 2CuSO4 + 2H2O = Cu2HgI4 + K2SO4 + 2H2SO4 либо**

**K2HgI4 + SO2 + 2CuSO4 + 2H2O = Cu2HgI4 + 2KHSO4 + H2SO4 (2 балла за любую из реакций)**

4. Установим уравнение связи между температурой перехода и составом термоиндикатора. Для *x* = 0 температура перехода составляет 70 ˚С, а для *х* = 2 40 ˚С. Записав уравнение связи как *T* *= ax + b*, получим для параметра *b* значение 70, а для *a* –15. Таким образом, *T* = 70 – 15*х*.

Для термоиндикатора, меняющего цвет при 45 ˚С, *х* будет равен 1,667. Тогда его формулу можно будет выразить как **Ag1,667Cu0,333HgI4 или Ag5Cu[HgI4]3** **(2 балла)**

5. Если массовые доли меди и серебра одинаковы, то в одном моле термоиндикатора содержатся равные массы ионов этих металлов. Т.е. *x* определяется из уравнения:

107,87∙*x* = 63,55∙(2-*x*)

Решение данного уравнения даёт *x* = 0,7415. Температура перехода может быть найдена по выведенному ранее уравнению: *T* = 70 – 15∙0,7415 = **58,9 ˚С (2 балла)**

**Всего максимум 11 баллов**

**10 класс**

**Задание 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| **Б** | **А** | **Б** | **В** | **В** | **В** | **А** | **В** | **Г** | **Г** | **В** | **В** | **Б** | **Г** | **В** |

**По 1 баллу за правильный ответ. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.**

**Всего максимум 15 баллов.**

**Задание 2.**

1. Массу раствора можно найти сложением масс составляющих его веществ:

*m(р-ра)* = 1000 + 250 + 5 + 5 + 25 = 1285 г

Массовые доли компонентов составят:

***ѡ* (NiSO4)=** 250/1285 = 0,1946 => **19,46%**

***ѡ* (H3BO3) =** 25/1285 = 0,0195 => **1,95%**

***ѡ* (KCl)** = ***ѡ* (KF)** = 5/1285 = 0,0039 => **0,39%**

**(по 0,5 балла за каждый компонент, всего 2 балла)**

2. Обозначим количество добавляемого кристаллогидрата сульфата никеля за *x*. Тогда вместе с этой солью в раствор попадёт *x*∙18∙7/(18∙7+154,75) = 0,4488∙*x* воды и *x*∙154,75/(18∙7+154,75) = 0,5512∙*x* безводного сульфата никеля. Массу полученного раствора обозначим за *y*. Тогда:

*ѡ* (H2O) = (1000 + 0,4488∙*x*)/*y* = 0,7782

*ѡ* (NiSO4) = 0,5512∙*x*/*y* = 0,1946

Эта система уравнений имеет решение *х* = 570 и *y* = 1614.

Таким образом, масса необходимого количества кристаллогидрата сульфата никеля составляет ***m* (NiSO4)** = **570 г**. Массы остальных компонентов можно найти, используя массу раствора и массовые доли этих компонентов:

***m* (H3BO3)***=* 0,0195∙1614 = **31,5 г**

***m* (KF)** *=* ***m* (KCl)** = 0,0039∙1614 = **6,3 г** **(по 0,75 балла за массу каждого компонента, всего 3 балла)**

3. Основной процесс: **Ni2+ + 2e- = Ni (1 балл).**

Второй возможный катодный процесс при проведении электролиза металлов средней активности – выделение водорода:

**2H+ + 2e- = H2**

**или**

**2H2O + 2e- = H2 + 2OH- (1 балл за любой вариант)**.

4. Закон электролиза Фарадея, связывающий массу выделившегося при электролизе вещества с силой тока, может быть записан следующим образом: *m = I∙t∙M/(n∙F)*.

Вычислим теоретически выделяющуюся массу металла: *m (Ni, теор)* = 8∙40∙60∙58,7/(2∙96485) = 5,84 г. С учётом выхода по току масса металла составит *m (Ni, прак)* = 0,97∙6,51 = 5,67 г. Объём никеля *V* = 5,67/8,9 = 0,637 см3.

Толщина покрытия может быть найдена как отношение объёма металла к занимаемой им площади: 0,637/320 = 0,002 см = **20 мкм**. **(3 балла)**

5. На покрытие одной детали требуется 5,67 г металла. Исходный раствор содержит 250 г сульфата никеля, что соответствует 250∙58,7/154,75 = 94,8 г никеля. Количество деталей *N* = 94,8/5,67 = 16,7, т.е. можно покрыть **16 деталей (1 балл за ответ 16 или 16,7, 0,5 балла за неверно округленный ответ 17)**.

**Всего максимум 11 баллов.**

**Задание 3.**

1.



**По 1 баллу за каждую верную структуру**

2.



**По 0,5 балла за каждую верную структуру**

3. Кучеров, Хараш (Караш), Майо, Кижнер, Вольф, Клемменсен, Марковников, Линдлар **(любые два из списка, по 0,5 балла)**

**Всего максимум 11 баллов.**

**Задание 4.**

1.  **(1 балл)**

2.  **(1 балл)**

3. В результате распада масса уменьшилась на 0,00020 г в результате выделения альфа-частиц. Количество выделившихся через 77 секунд альфа-частиц равно 0,00020/4 = 0,05 ммоль, масса распавшегося вещества составит 0,05∙218 = 10,9 мг, а масса нераспавшегося: 43,6 – 10,9 = **32,7 мг**. **(1 балл)**

Период полураспада можно выразить следующим образом:

**(2 балла)**

4.

Следовательно, распалось 43,6 – 10,9 = 32,7 мг, что соответствует выделению 32,7/218·4 = 0,6 мг альфа-частиц. Весы покажут значение 0,04360 – 0,0006 = **0,04300 г** **(2 балла).**

5.  **(1 балл)**

5. Запишем суммарное уравнение ядерных реакций:

Закон сохранения масс будет выглядеть следующим образом: 237 = 209 + 4*x*, откуда получаем *x* = 7. Закон сохранения заряда даст: 93 = 83 + 2*x* – *y* = 97 – *y*, следовательно, *y* равен 4. Итоговое уравнение:

Таким образом, превращения нептуния-237 в висмут-209 включает **7 альфа-** и **4-бета-распада** **(по 1 баллу за каждое число)**

**Всего максимум 10 баллов.**

**11 класс**

**Задание 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| **А** | **В** | **Г** | **А** | **В** | **Б** | **Г** | **В** | **Г** | **В** | **Б** | **А** | **В** | **В** | **Б** |

**По 1 баллу за правильный ответ. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный – 0 баллов.**

**Всего максимум 15 баллов.**

**Задание 2.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| **AgNO3** | **KHCO3** | **NH4ClO4** | **NaOH** | **NaHS** | **Pb(OAc)2** | **BaI2** | **MgSO4** |

**По 0,5 балла за верное соответствие. Если указано более одного варианта, среди которых есть верный – 0 баллов.**

**2 Ag+ + 2 HCO3– = Ag2CO3 + CO2 + H2O**

**2 Ag+ + 2 OH– = Ag2O + H2O**

**2 Ag+ + HS– = Ag2S + H+ или 2 Ag+ + 2HS– = Ag2S + H2S**

**Ag+ + CH3COO– = CH3COOAg**

**Ag+ + I– = AgI**

**2 Ag+ + SO42– = Ag2SO4**

**K+ + ClO4– = KClO4**

**NH4+ + HCO3– = NH3 + CO2 + H2O**

**Pb2+ + 2 HCO3– = PbCO3 + CO2 + H2O**

**Ba2+ + 2 HCO3– = BaCO3 + CO2 + H2O**

**Mg2+ + 2 HCO3– = MgCO3 + CO2 + H2O или 2Mg2+ + 4 HCO3– = (MgOH)2CO3 + 3CO2 + H2O**

**NH4+ + OH– = NH3 + H2O**

**NH4+ + HS– = NH3 + H2S**

**Pb2+ + 2 OH– = Pb(OH)2**

**Mg2+ + 2 OH– = Mg(OH)2**

**Pb2+ + HS– = PbS + H+ или Pb2+ + 2HS– = PbS + H2S**

**Mg2+ + 2HS– = MgS + H2S**

**Pb2+ + 2 I– = PbI2**

**Pb2+ + SO42– = PbSO4**

**Ba2+ + SO42– = BaSO4**

**По 0,5 балла за каждое верное уравнение реакции с коэффициентами в ионном или молекулярном виде.**

**Всего максимум 14 баллов.**

**Задание 3.**

1.



**По 1 баллу за каждую верную структуру**

2.



**По 0,5 балла за каждую верную структуру**

3. Кучеров, Хараш (Караш), Майо, Кижнер, Вольф, Клемменсен, Марковников, Линдлар **(любые два из списка, по 0,5 балла)**

**Всего максимум 11 баллов.**

**Задание 4.**

1. Выразим массовую долю углерода через х:

Решением данного уравнения является ***х* = 0,35 (2 балла)**. **(Если были использованы точные массы элементов, *х* = 0,34).**

2. Запишем уравнение сгорания сополимера:

(C3H6)*x*(C8H8)(1-*x*) + (10–5,5x)O2 = (8–5*x*)CO2 + (4–*x*)H2O

Отсюда ***х* = 0,15 (2 балла)**. **(Если были использованы точные массы элементов, *х* = 0,18).**

3. Вычислим значения мольных теплот сгорания сополимеров I и II, умножив удельную теплоту сгорания на молярную массу. Для образца I:

*Q* = 42,9 ∙ 82,3 = 3530,67 кДж/моль

Для образца II: *Q* = 42,2 ∙ 94,7 = 3996,34 кДж/моль

Известно, что мольные теплоты сгорания находятся в линейной зависимости от *х*, то есть:

*Q* *= a + b∙x*.

Составим систему и найдём параметры уравнения:

3530,67 = *a* + 0,35*b*

3996,34 = *a* + 0,15*b*

Откуда *b* = –2328,35, *a* = 4345,59.

Теперь вычислим значение *x* для образца III. Его мольная теплота сгорания равна 46,8∙(104–62*x*). Тогда: 46,8∙(104–62*x*) = 4345,59 – 2328,35*x*.

Решением данного уравнения является ***х* = 0,91 (2 балла) (Если были использованы точные массы элементов, *х* ≈ 1. Ответ следует оценивать с учетом полученных в пунктах 1 и 2 значений).**

4. Уравнение реакции полимеризации имеет вид:

*x*C3H6 + (1–*x*)C8H8 = (C3H6)*x*(C8H8)(1-*x*)

Её тепловой эффект равен: *Q = x∙Qсгор*.(C3H6) *+* (1–*x*) *∙Qсгор*(C8H8) *– Qсгор.* ((C3H6)*x*(C8H8)(1-*x*)) *=* 0,35∙2060 + 0,65∙4386 – 3530,67 = **41 кДж/моль** для образца I. **(2 балла) (Ответ чувствителен к полученному в пункте 1 значению, правильность ответа следует оценивать исходя из этой величины.)**

**Всего максимум 8 баллов**

**Задание 5.**

Из размерности константы скорости можно найти порядок реакции – он равен 1+степень литров в константе. Тогда:

А) Первый порядок. *v* = *kC*0 = **0,02 моль∙л–1∙мин–1**, *t*1/2 = ln2/*k* = **35 мин**.

Б) Второй порядок. *v* = *kC*02 = **0,0125 моль∙л–1∙мин–1**, *t*1/2 = 1/*k*/*C*0 = **20 мин**.

В) Нулевой порядок. *v* = *k* = **0,01 моль∙л–1∙мин–1**, *t*1/2 = *C*0/2/*k* = **55 мин**.

**По 1 баллу за каждое верное значение с правильной размерностью (0,5 балла без размерности).**

**Всего максимум 6 баллов.**