

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по химии для 9 класса

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

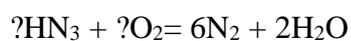
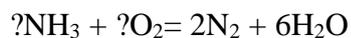
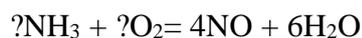
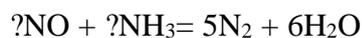
Условие:

Установите соответствие между левыми частями уравнений реакций с пропущенными коэффициентами и правыми частями с известными коэффициентами.

Варианты для соотнесения:



Правильные ответы:

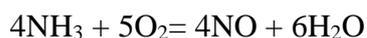


За каждую верную пару — 0.5 балла

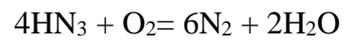
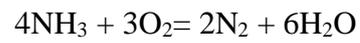
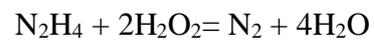
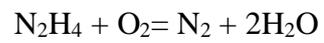
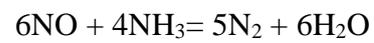
Максимальный балл за задание — 3.5 балла

Решение.

Закись азота N₂O образуется при разложении нитрата аммония, а окись NO — при окислении аммиака кислородом в присутствии катализатора:



В остальных реакциях образуется азот, при этом сам аммиак без катализатора способен окисляться кислородом до азота:



Задание № 2

Общее условие:

Ответьте на вопросы.

Условие:

Напишите формулу газа, с присутствием которого в атмосфере связан этот эффект.



Ответ: H_2S

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Ложки, сделанные из серебра, чернеют из-за образования на их поверхности сульфид Ag_2S под действием сероводорода H_2S из атмосферы.

Условие:

Запишите химический символ металла, из которого сделана эта монета.



Ответ: Cu

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Зелёный слой патины на монете указывает на то, что она сделана из меди (Cu).

Условие:

Какова степень окисления этого металла в соединениях, которыми покрыта поверхность гвоздя?



В ответе запишите только цифру без знака +.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

При ржавении железа образуется слой гидроксидов и оксидов железа (III).

Задание № 3

Условие:

Запишите формулу жидкого при комнатной температуре вещества, в молекуле которого часто находят сходство с Микки Маусом.

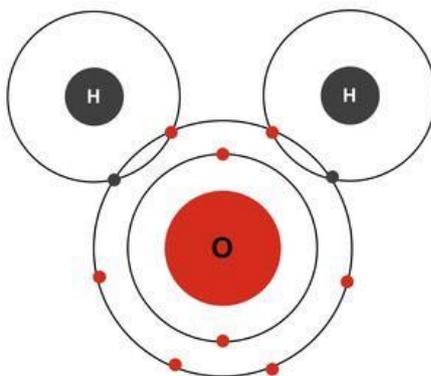


Ответ: H₂O

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Решение.

Уши Микки Мауса похожи на два маленьких атома, связанных с одним большим. Речь идет о молекуле воды H₂O.



Условие:

Процесс, протекающий в этой жидкости при комнатной температуре без участия каких-либо других веществ, можно описать следующим образом: «в среднем один из N Микки Маусов отгрызает ухо другому». Чему равно N ?

Ответ: принимается в диапазоне [550000000; 560000000]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

В ходе автопротолиза воды протон («ухо») переходит от одной молекулы к другой, в результате чего образуются ионы H_3O^+ и OH^- . Хорошо известно, что концентрация этих ионов при комнатной температуре равна 10^{-7} М (рН чистой воды равен 7). В то же время концентрация обычных молекул воды: $1000 / 18 = 55.6$ М. Отсюда $N = 55.6 / 10^{-7} = 5.56 \cdot 10^8$.

Задание № 4

Условие:

Установите соответствие между соединениями и изменениями, протекающими при их нагревании.

Варианты для соотнесения:

Ацетат аммония	Разлагается без твердого остатка
Бромид бария	Не изменяется
Гидроксид галлия	Отщепляет воду
Карбонат кальция	Отщепляет кислород
Нитрат натрия	Отщепляет углекислый газ
Роданид ртути	Плавится, затем чернеет
Сульфат серебра	Сильно увеличивается в объёме

Правильные ответы:

Ацетат аммония — Испаряется без остатка
Бромид бария — Не изменяется
Гидроксид галлия — Отщепляет воду
Карбонат кальция — Отщепляет углекислый газ
Нитрат натрия — Отщепляет кислород
Роданид ртути — Сильно увеличивается в объёме
Сульфат серебра — Плавится, затем чернеет

За каждую верную пару — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 3.5 балла

Решение.

1. Ацетат аммония $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ сначала теряет воду и превращается в ацетамид, который испаряется без остатка:



2. Бромид бария BaBr_2 не изменяется при нагревании.
3. Гидроксид галлия $\text{Ga}(\text{OH})_3$, как и другие гидроксиды, отщепляет воду при нагревании:



4. Карбонат кальция CaCO_3 отщепляет углекислый газ:



5. Нитрат натрия NaNO_3 отщепляет кислород:



6. Роданид ртути $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ при нагревании образует соединение C_3N_4 с очень низкой плотностью, из-за чего происходит сильное увеличение в объёме (опыт «фараонова змея»):



7. Сульфат серебра Ag_2SO_4 плавится, а затем разлагается с образованием металлического серебра в виде чёрного порошка:



Задание № 5

Общее условие:

Два простых вещества, которые можно извлечь из бытовой лампы накаливания, отличаются по молярной массе на 144 г/моль, а по плотности при нормальных условиях на — 19.3 г/см³.



Условие:

Запишите формулу более тяжёлого вещества.

Ответ: W

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите формулу более лёгкого вещества.

Ответ: Ag

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите значение плотности при нормальных условиях (в кг/м³) более тяжёлого вещества.

Ответ: принимается в диапазоне [19300; 19302]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите значение плотности при нормальных условиях (в кг/м³) более лёгкого вещества.

Ответ: принимается в диапазоне [1.7; 1.8]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Столь большая разница в плотностях означает, что одно из веществ — тяжёлый металл, а другое — газ. Даже без знания устройства лампочки можно перебрать различные простые газы и обнаружить, что подходят вольфрам (W) и аргон (Ar). Плотность аргона

при нормальных условиях $\rho = \frac{pM}{RT} = 101300 \cdot 0.040 / 8.314 / 273.15 = \mathbf{1.78}$ кг/м³. Из условия

известно, что плотность вольфрама равна примерно **19300** кг/м³.

Задание № 6

Общее условие:

U-образную трубку заполнили раствором некоторой соли, после чего в один из концов трубки добавили каплю раствора крахмала, а в другую — каплю раствора фенолфталеина. В оба конца трубки погрузили по электроду, которые подключили к источнику постоянного тока. Фото сделано спустя некоторое время после подключения электродов.



Условие:

Что находится слева на фото?

Варианты ответов:

- Катод
- Анод
- Невозможно определить по фото

Ответ:

- Анод

Точное совпадение ответа — 0.5 балла

Решение.

Слева на фото мы видим темно-синюю окраску крахмала, свидетельствующую о том, что на электроде выделяется иод. На другом электроде образуется щелочь, окрашивающая

фенолфталеин в малиновый цвет. Значит, электролизу подвергли иодид активного металла, щёлочного или щёлочноземельного, причём в левую часть трубки, где находится анод, был добавлен крахмал.

Условие:

Крахмал был добавлен...

Варианты ответов:

- в левую часть трубки
- в правую часть трубки
- невозможно определить по фото

Ответ:

- в левую часть трубки

Точное совпадение ответа — 0.5 балла

Решение.

Слева на фото мы видим темно-синюю окраску крахмала, свидетельствующую о том, что на электроде выделяется иод. На другом электроде образуется щелочь, окрашивающая фенолфталеин в малиновый цвет. Значит, электролизу подвергли иодид активного металла, щёлочного или щёлочноземельного, причём в левую часть трубки, где находится анод, был добавлен крахмал.

Условие:

Известно, что для полного электролиза 1.000 г исследуемой соли необходимо пропускать через её раствор ток силой 1.000 А в течение 7 мин 34 с. Запишите формулу соли.

Указание: Заряд 1 моля электронов оставляет 96485 Кл.

Ответ: RbI

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

При пропускании тока силой 1.000 А в течение 7 мин 34 с через раствор проходит $1.000 \cdot (7 \cdot 60 + 34) / 96500 = 0.0047$ моль электронов. Значит, 1 моль иодид-ионов содержится в $1 / 0.0047 = 213$ г соли, что соответствует иодиду рубидия RbI.

Задание № 7

Общее условие:

На картине изображён известный алхимик, наблюдающий яркое свечение внутри колбы в одном из своих опытов.



Условие:

Какую соль использовал алхимик в своём синтезе?

Варианты ответов:

- AuCl_3
- AgNO_3
- HgS
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- NH_4NO_3
- $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Ответ:

- $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Решение.

На картине изображено получение фосфора, который светится в темноте. Алхимик использовал в синтезе «микrokосмическую соль» $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — остаток от выпаривания мочи.

Условие:

Какой элемент при этом служит восстановителем?

Варианты ответов:

- Водород
- Углерод
- Кислород
- Сера
- Кремний
- Иод

Ответ:

- Углерод

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Решение.

Восстановление происходит под действием углерода из органических веществ в моче (в современном методе, дающем больший выход фосфора, используется уголь).

Условие:

Для какой операции предназначена установка алхимика?

Варианты ответов:

- Перегонка
- Перекристаллизация
- Секвенирование
- Титрование
- Фильтрация
- Экстракция

Ответ:

- Перегонка

Точное совпадение ответа — 1 балл

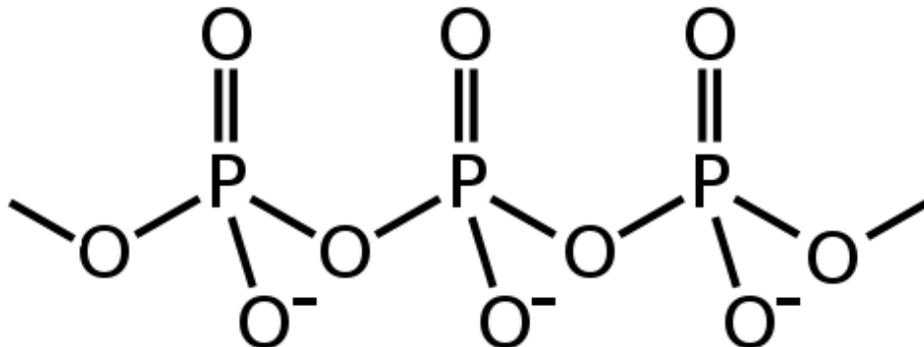
Решение.

Конструкция в виде нагреваемой колбы с отводом позволяет проводить перегонку белого фосфора или других веществ.

Задание № 8

Общее условие:

Анион одного из фосфатов натрия состоит из бесконечных цепочек тетраэдров PO_4 .



Условие:

Вычислите массовую долю натрия в процентах в этой соли. Ответ выразите в процентах.

Ответ: принимается в диапазоне [22; 23]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Каждому тетраэдру принадлежит 3 атома кислорода, один ион натрия и атом фосфора, поэтому формула соли NaPO_3 (метафосфат натрия).

Массовая доля натрия $w(\text{Na}) = 23/(23+31+3 \cdot 16) = 0.225$, или 22.5%.

Условие:

Какой анион будет преобладать в растворе, полученном при растворении этой соли в воде?

Запишите молярную массу этого аниона в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 97

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

В водном растворе соль превратится в дигидроортофосфат NaH_2PO_4 :



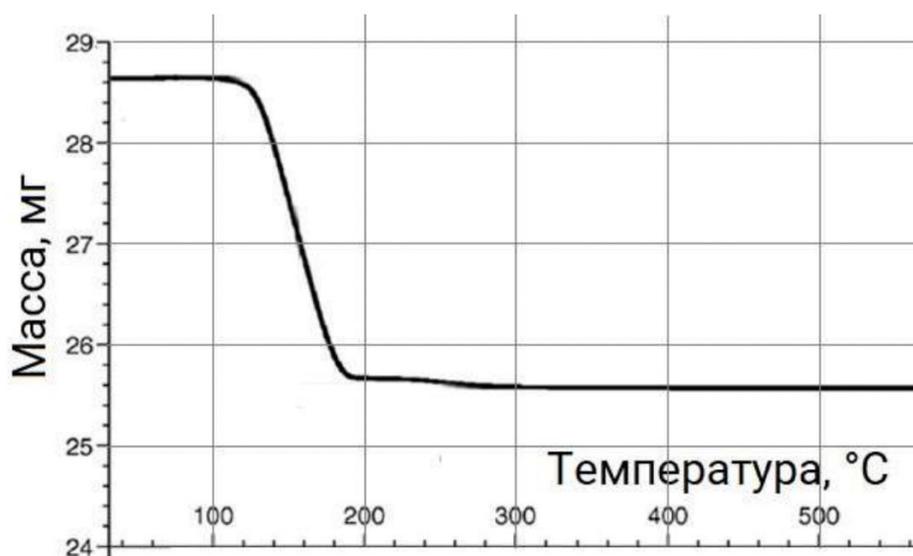
Анион — H_2PO_4^- , его молярная масса — 97 г/моль.

Задание № 9

Общее условие:

Метод термогравиметрического анализа позволяет получить зависимость массы образца при его нагревании в зависимости от температуры. Этот метод широко используется в современной химии, в том числе для определения состава веществ.

Перед вами — термогравиметрическая кривая кристаллогидрата вольфрамата натрия Na_2WO_4 .



Условие:

При какой температуре (°C) соль начинает разлагаться?

Ответ: принимается в диапазоне [100; 130]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Соль начинает разлагаться при температуре около 110°C , когда масса вещества начинает резко уменьшаться.

Условие:

Сколько молекул кристаллизационной воды приходится на одну молекулу вольфрамата в рассматриваемой соли?

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

В результате нагревания согласно экспериментальной кривой масса уменьшается от 28.6 до 25.5 мг. Пусть формула гидрата — $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, тогда отношение $M(\text{Na}_2\text{WO}_4) / M(\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 294 / (x \cdot 18 + 294) = 25.5/28.6$; откуда $x \approx 2$.

Задание № 10

Условие:

Установите соответствие между анионами и их свойствами.

Варианты для соотнесения:

Сульфид	Гидролизуется в воде полностью
Сульфит	Очень сильный окислитель, разлагается при подкислении
Сульфат	Не гидролизуется, хотя не является однозарядным
Нитрид	Легко окисляется на воздухе
Нитрит	Почти не образует малорастворимых неорганических солей
Нитрат	Высокотоксичен для растений
Хлорид	Выделяет бурый газ при подкислении
Хлорит	Обладает минимальным радиусом из перечисленных анионов
Хлорат	Образует «блески» и «обманки»

Правильные ответы:

- Сульфид — Образует «блески» и «обманки»
Сульфит — Легко окисляется на воздухе
Сульфат — Не гидролизуется, хотя не является однозарядным
Нитрид — Гидролизуется в воде полностью
Нитрит — Выделяет бурый газ при подкислении
Нитрат — Почти не образует малорастворимых неорганических солей
Хлорид — Обладает минимальным радиусом из перечисленных анионов
Хлорит — Очень сильный окислитель, разлагается при подкислении
Хлорат — Высокотоксичен для растений

За каждую верную пару — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5 балла

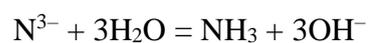
Решение.

Минералы, называемые «блесками» и «обманками», образованы сульфидами элементов.

Легко окисляется на воздухе до сульфата сульфит-ион:



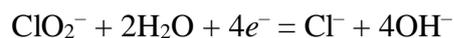
Сульфат-ион не гидролизуеться, хотя не является однозарядным, поскольку серная кислота достаточно сильная даже по второй ступени. Нитриды гидролизуются в воде полностью:



Нитриты выделяют бурый газ NO_2 при подкислении:



Нитрат-ион не образует малорастворимых неорганических солей. Одноатомный хлорид-ион обладает минимальным радиусом из перечисленных анионов. Хлорит-ион — очень сильный окислитель:



Хлораты высокотоксичны для растений и используются в качестве гербицидов.

Задание № 11

Общее условие:

Юный химик кинул в стакан с разбавленной серной кислотой 1.00 г железа, 1.00 г цинка, 1.00 г марганца и 2.00 г алюминиево-магниевого сплава. Все металлы полностью растворились, при этом выделилось 3.45 л (н.у.) водорода.

Условие:

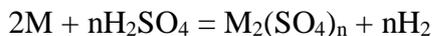
Определите общую массу всех солей в полученном растворе. Ответ выразите в граммах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в диапазоне [19.7; 19.85]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Масса выделившегося водорода (по закону Авогадро): $2 \cdot 3.45 / 22.4 = 0.308$ г. Все перечисленные металлы выделяют из 1 моль серной кислоты 1 моль водорода согласно общему уравнению:



Поэтому с металлами прореагировало $98/2 \cdot 0.308 = 15.094$ г кислоты. По закону сохранения массы образовалось $1+1+2+15.094-0.308 = 19.786$ г солей.

Условие:

Какова будет общая масса всех солей в растворе, если те же количества тех же металлов растворить в соляной кислоте? Ответ выразите в граммах, округлите до сотых.

Ответ: [15.85;16.0]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Реакции с соляной кислотой протекают с выделением того же количества водорода при той же массе металла:



Масса вступившей в реакцию соляной кислоты: $2 \cdot 36.5 / 2 \cdot 0.308 = 11.243$ г. При этом образуется $1+1+2+11.243-0.308 = 15.935$ г солей.

Задание № 12

Условие:

В установку для синтеза аммиака поступило 1000 кг газовой смеси, содержащей 50% азота и 50% водорода по объему. После синтеза смесь содержала 20% аммиака по объёму. Какое количество теплоты в МДж выделилось в ходе синтеза, если стандартная теплота образования аммиака при температуре синтеза составляет 50 кДж/моль?

Ответ: принимается в диапазоне [550; 560]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

В исходной смеси на 1 моль водорода приходится 1 моль азота. После синтеза согласно уравнению реакции:



при образовании из 2 моль исходной смеси x моль аммиака расходуется $x/2$ моль азота и $3x/2$ моль водорода. Доля аммиака в смеси $x/(1 - x/2 + 1 - 3x/2 + x) = 0.2$, значит, $x = 0.3$ моль. В 1000 кг смеси содержится по $1000 \cdot 1000 / (28 + 2) = 33300$ моль водорода и азота. Из них образуется $0.33 \cdot 33300 = 11000$ моль аммиака с выделением $11000 \cdot 50 / 1000 = 550$ МДж тепла.