

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2017-2018 г.

Олимпиадные задания по химии

10 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. При электролизе водного раствора NaF на катоде выделяется ..., а на аноде
- 1.2. В молекуле SO₂ центральный атом находится в ... гибридизации, а в молекуле SF₂ в ... гибридизации.
- 1.3. В результате внутримолекулярной дегидратации этилового спирта образуется ..., а межмолекулярной –
- 1.4. Скорость некоторой реакции увеличилась в 1,414 раза при увеличении температуры на 5 °С. Если увеличить температуру на 20 °С, то скорость этой реакции возрастет в ... а если на 30 °С, то скорость возрастет в
- 1.5. В растворе Na₂S окраска фенолфталеина ..., а в растворе Na₂SO₃
- 1.6. В составе ортофосфорной кислоты ... атома водорода, а в составе ортоиодной
- 1.7. В оксиде бария химическая связь ..., а в оксиде углерода(II)
- 1.8. Среда водного раствора K₂CO₃ ..., а водного раствора KHCO₃
- 1.9. Степени окисления серы в продуктах ее реакции с горячим раствором щелочи ... и
- 1.10. Реакция взаимодействия галогеналканов с металлическим натрием носит имя ..., а реакция сплавления солей карбоновых кислот со щелочами –

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Студенты алхимического факультета собрались провести несколько опытов в университетской лаборатории. Оказалось, что в этой лаборатории все склянки с химическими реактивами подписаны тривиальными названиями: сода каустическая, глицерин, сода питьевая, ляпис, нашатырь, сильвин, фенол, медный купорос, масляная кислота, винный спирт. Помогите студентам организовать эксперимент.

а) Напишите формулы неорганических и структурные формулы органических соединений, находящихся в склянках.

б) Напишите уравнения 7 химических реакций, которые можно осуществить, смешивая попарно сами вещества или их водные растворы. Одно и то же вещество можно использовать при написании нескольких превращений; больше 2 веществ в одной реакции использовать нельзя.

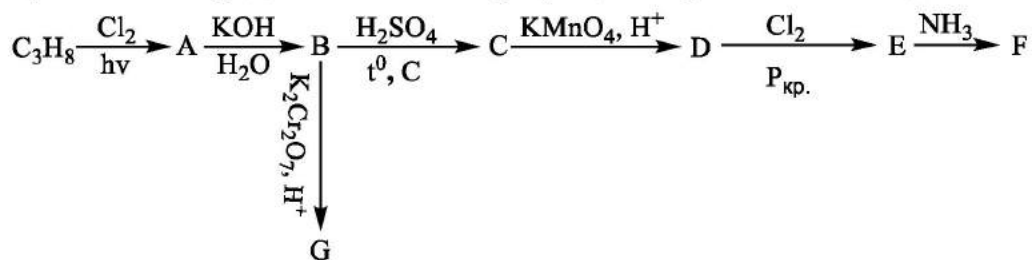
2.2. Школьнику выдали пять пронумерованных стаканчиков, содержащих смеси белых порошков солей: а) Ca(NO₃)₂ + Na₂CO₃; б) Mg(NO₃)₂ + Na₃PO₄; в) Pb(CH₃COO)₂ + Na₂SO₄; г) ZnSO₄ + Na₂SO₃; д) BaCl₂ + K₂SO₄. Его задача состояла в том, чтобы установить, какая из смесей находится в стаканчике с определенным номером. Посмотрев в таблицу растворимости, он увидел, что все вещества растворимы, и налил в каждый стаканчик воды, чтобы затем использовать растворы. Однако, сколько он ни перемешивал эти смеси в воде, ни в одном из стаканчиков не получился прозрачный раствор. На дне каждого из стаканчиков оставалось большое количество белого осадка, наотрез отказывавшегося растворяться.

Подумав немного и осознав свою ошибку, школьник взболтал смеси стеклянными палочками, перелил понемногу растворов с осадками в отдельные пробирки и добавил к ним избыток соляной кислоты. Отметив наблюдаемые эффекты, он с чувством выполненного долга записал в тетради правильное соответствие составов смесей номерам стаканчиков.

Напишите уравнения реакций, прошедших в стаканчиках и пробирках в результате проведенных школьником экспериментов. Используйте как молекулярную, так и сокращенную ионную форму записи и обязательно укажите внешние признаки реакций в пробирках, позволившие школьнику решить поставленную задачу.

Продолжение на следующей странице

2.3. Вашему вниманию представлена схема превращений органических соединений:



Вещество **F** – органическая кислота, название которой происходит от древнегреческого слова, в переводе означающего «сладкий» из-за ее сладковатого вкуса. В природе **F** содержится во всех живых организмах, а ее остаток входит в состав многих белков и биологически активных соединений.

- Изобразите структурные формулы веществ **A-G**.
- Напишите уравнения представленных на схеме реакций.
- Расположите вещества **B, D, E, F, G** в порядке возрастания кислотных свойств.

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

3.1. В замкнутом сосуде смешали угарный и углекислый газы, нагрели до постоянной температуры и дождались установления равновесия. Константа равновесия гомогенной экзотермической реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ при этой температуре равна 17,78, равновесные концентрации CO и CO_2 составили 0,3 и 0,4 моль/л соответственно.

- Вычислите равновесную концентрацию кислорода в этой системе.
- Установите начальные концентрации угарного и углекислого газов.
- Рассчитайте относительную плотность исходной смеси по водороду.
- Оцените общее равновесное давление в сосуде в атмосферах, если известно, что температура смеси составляла около 1000 К.
- В какую сторону сместится равновесие в реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ (поясните свои ответы): 1) При увеличении давления; 2) При увеличении температуры; 3) При введении в систему катализатора; 4) При добавлении в реакционный сосуд кусочка негашеной извести?

3.2. Абиссинское золото – сплав, имитирующий золото по цвету, содержащий в своем составе три металла. Металл **A** в свободном виде имеет красный цвет, металл **B** – желтый, причем его добавка способствует более продолжительному сохранению блеска сплава без потускнения. Металл **B**, имеющий серебристо-белый цвет с синеватым оттенком, известен тем, что он входит в состав латуни, а также широко используется для защиты от коррозии жестяных изделий (ведер, водосточных труб, водоотливов с наружной стороны подоконников и т.п.).

Навеску сплава массой 10,00 г обработали 20 мл соляной кислоты ($C = 2,9$ моль/л, плотность 1,043 г/мл), в результате чего выделился газ объемом 0,4032 л (н.у.), образовался бесцветный раствор и осталась нерастворенная часть сплава, состоящая из металлов красного и желтого цвета.

Остаток поместили в 500 мл азотной кислоты ($\omega = 5\%$ (масс.), плотность 1,028 г/мл). В результате реакции выделился газ объемом 2,061 л (н.у.), образовался голубой раствор и остался нерастворенный металл.

- Назовите металлы, входящие в состав сплава.
- Напишите уравнения описанных реакций.
- Рассчитайте точные массы металлов **A-B** в составе взятой навески и определите состав сплава в масс. %. При расчете используйте атомные массы металлов с четырьмя значащими цифрами.
- Вычислите точные массы бесцветного и голубого растворов и массовые доли солей в них.
- Предложите кислоту (смесь кислот), в которой можно растворить оставшийся металл, напишите уравнение реакции.

Задание 10-1

По приведенному описанию определите химические элементы. Ниже для каждого элемента представлено по одной реакции. Вставьте символ химического элемента в соответствующее уравнение. Каждый элемент используется только один раз.

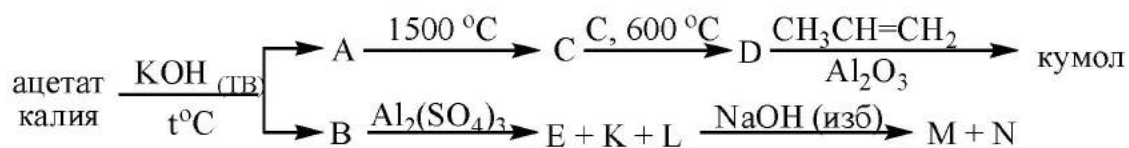
Элемент	Описание
1	Данный химический элемент находится в 3 периоде, имеет одинаковую валентность в водородном соединении и в высшем оксиде
2	В природе встречаются 2 стабильных изотопа, с массовым числом 35 и 37. Максимальная степень окисления равна +7
3	Все аллотропные модификации вещества до конца не изучены. Наиболее известными являются три модификации: белый, красный и черный, которые отличаются строением, физическими и химическими свойствами. Белый $\xrightarrow[без O_2]{320^\circ C}$ красный $\xrightarrow[12000 атм]{200^\circ C}$ черный
4	Этот элемент находится в VIIIВ группе, 4 периоде. В стационарном состоянии имеет 4 неспаренных электрона.
5	Щелочноземельный металл, в котором число протонов = числу электронов = числу нейтронов
6	Элемент 3 периода. В возбужденном состоянии на внешнем уровне имеет 3 неспаренных электрона. Относится к семейству р-элементов.
7	Этому элементу соответствует сокращенная электронная формула $[Ne]3s^1$
8	Из-за высокого значения электроотрицательности, данный элемент не способен проявлять степень окисления, равную номеру группы, и для него не характерны соединения с положительной степенью окисления
9	У этого элемента 4 периода только один стабильный изотоп. В основном состоянии внутренняя (n-1)d электронная оболочка завершена наполовину, что приводит к повышению устойчивости степени окисления +2. В максимальной степени окисления +7 является сильным окислителем.
10	В связи со стабилизацией наполовину заполненного подуровня оказывается больше энергии, которая тратится на переход одного из s-электронов на d подуровень. Это приводит к «проскоку» электрона и электронной конфигурации $3d^5 4s^1$.

- $X_2 + H_2O = HX + O_2$
- $X_2O_2 + H_2O = H_2O_2 + XOH$
- $X + NaOH + H_2O = Na[X(OH)_4] + H_2$
- $X + HF = H_2[XF_6] + H_2$
- $X + H_2 = XH_3$
- $X_2 + NaOH = NaXO_3 + NaX + H_2O$
- $X(OH)_2 + CO_{2(изб.)} = X(HCO_3)_2$
- $K_2X_2O_7 + KOH \rightarrow K_2XO_4 + H_2O$
- $XO_2 + HCl = XCl_2 + Cl_2 + H_2O$
- $X + HCl = XCl_2 + H_2$

Расставьте коэффициенты.

Задание 10-2

Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Известно, что вещество А – углеводород, массовая доля углерода в котором 75 %.

Укажите названия веществ А-Н.

Задание 10-3

Для проведения качественного анализа вам выданы три индивидуальных вещества (соли) белого цвета. Известно, что данные вещества в своем составе содержат ионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Cl^- . Как, имея в наличии спиртовку, дистиллированную воду, растворы BaCl_2 и лакмуса установить состав каждой соли? Приведите уравнения соответствующих реакций.

Задание 10-4

В 1779 году немецкий химик Иоганн-Христиан Виглеб, обрабатывая соляной кислотой соль, выделенную из сока кислицы и щавеля, открыл органическую двухосновную кислоту, названную щавелевой. Содержание водорода в кислоте составляет 2,22%, углерода – 26,67%, кислорода – 71,11%.

Раствор с молярной концентрацией равной 1,15 моль/л является отличным «растворителем» ржавчины.

1. Определите химический состав кислоты и запишите её структурную формулу.
2. Рассчитайте, какое количество кислоты (в г) нужно взять для приготовления 250 мл 1,15 моль/л раствора (плотность раствора равна 1,035 г/мл).
3. Вычислите массу оксалата кальция, который получится при взаимодействии указанного раствора с 250 мл 15% раствора хлорида кальция (плотность раствора равна 1,1014 г/мл).

Задание 10-1

По приведенному описанию определите химические элементы. Ниже для каждого элемента представлено по одной реакции. Вставьте символ химического элемента в соответствующее уравнение. Каждый элемент используется только один раз.

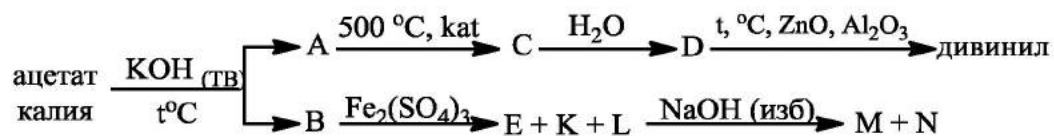
Элемент	Описание
1	Данный химический элемент находится во 2 периоде, имеет одинаковую валентность в водородном соединении и в высшем оксиде
2	В форме двухатомных молекул Э ₂ составляет большую часть атмосферы Земли. Максимальная степень окисления равна +5
3	Существование аллотропных модификаций связано со способностью образовывать устойчивые гомоцепи –Э–Э–. Гомоцепи имеют зигзагообразную форму, поскольку в их образовании принимают участие электроны взаимно перпендикулярных p-орбиталей. Существует три аллотропные модификации: ромбическая, моноклинная и пластическая.
4	Этот элемент находится во IIВ группе, 4 периоде. В стационарном состоянии не имеет ни одного неспаренного электрона.
5	Элемент 3 периода, относится к семейству s-элементов, в возбужденном состоянии на внешнем уровне имеет 2 неспаренных электрона.
6	Галоген, у которого число протонов = числу электронов, число нейтронов = 45.
7	Этому элементу соответствует сокращенная электронная формула [Ar]4s ¹
8	Активный неметалл. По значению электроотрицательности уступает только фтору, так же как фтор не способен проявлять степень окисления равную номеру группы
9	Полная электронная формула: 1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁶
10	В связи со стабилизацией полностью заполненного подуровня оказывается больше энергии, которая тратится на переход одного из s-электронов на d подуровень. Это приводит к «проскоку» электрона и электронной конфигурации 3d ¹⁰ 4s ¹ .

- $X + H_2SO_{4(\text{конц.})} = CO_2 + SO_2 + H_2O$
- $X_2 + H_2 = XH_3$
- $F_2 + NaXH = NaF + H_2X + XF_2$
- $X(OH)_2 + CO_{2(\text{изб.})} = X(HCO_3)_2$
- $X + KOH \rightarrow K_2X + K_2XO_3 + H_2O$
- $X_2O_2 + H_2O = H_2O_2 + XOH$
- $X + Cl_2 = XCl_3$
- $X(NO_3)_2 = XO + O_2 + NO_2$
- $X + NaOH + H_2O = Na_2[X(OH)_4] + H_2$
- $X_2 + NaOH_{\text{гор.}} = NaXO_3 + NaX + H_2O$

Расставьте коэффициенты.

Задание 10-2

Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Известно, что вещество А – углеводород, массовая доля углерода в котором 75 %.

Укажите названия веществ А-N.

Задание 10-3

Для проведения качественного анализа вам выданы три индивидуальных вещества (соли) белого цвета. Известно, что данные вещества в своем составе содержат ионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Br^- . Как, имея в наличии спиртовку, дистиллированную воду, растворы BaCl_2 и лакмуса установить состав каждой соли? Приведите уравнения соответствующих реакций.

Задание 10-4

В 1847 году немецкий химик Адольф Кольбе впервые синтезировал уксусную кислоту из неорганических материалов, хотя уксус, как продукт брожения вина известен человеку с давних времен. Содержание водорода в кислоте составляет 6,67%, углерода – 40,00%, кислорода – 53,33%. Плотность кислоты по водороду равна 30.

Раствор с молярной концентрацией равной 0,15 моль/л является одним из самых применяемых маринадов для консервирования овощей.

1. Определите химический состав кислоты и запишите её структурную формулу.
2. Рассчитайте, какое количество кислоты (в г) нужно взять для приготовления 1500 мл 0,15 моль/л раствора (плотность раствора равна 0,9996 г/мл).
3. Вычислите массу ацетата натрия, который получится при взаимодействии указанного раствора с 1000 мл 10% раствора гидроксида натрия (плотность раствора равна 1,1089 г/мл).