

Олимпиадные задания по химии

11 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. 1-гидрокси-2-метилбензол относится к классу ..., этиленгликоль относится к классу
- 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, бензиловый спирт. Помогите студентам организовать эксперимент.

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

б) Напишите уравнения семи 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 двух веществ в одной реакции использовать не разрешается.

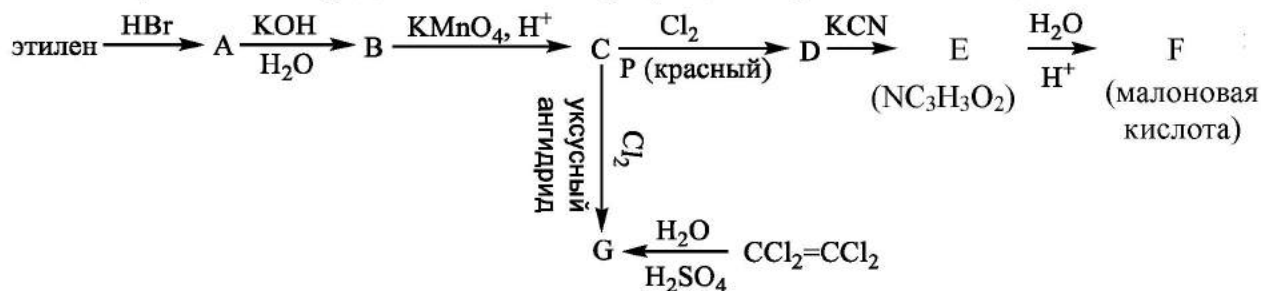
2.2. Школьнику выдали пять пронумерованных стаканчиков, содержащих смеси белых порошков солей: а) Ca(NO₃)₂ + Na₂CO₃; б) Mg(NO₃)₂ + Na₃PO₄; в) Pb(CH₃COO)₂ + Na₂SO₄; г) ZnSO₄ + Na₂SO₃; д) BaCl₂ + K₂SO₄. Его задача состояла в том, чтобы установить, какая из смесей находится в стаканчике с определенным номером. 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:



- Изобразите структурные формулы веществ **A-G**.
- Напишите уравнения представленных на схеме реакций.
- Расположите вещества **B-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):
 - При увеличении давления;
 - При увеличении температуры;
 - При введении в систему катализатора;
 - 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 11-1

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.

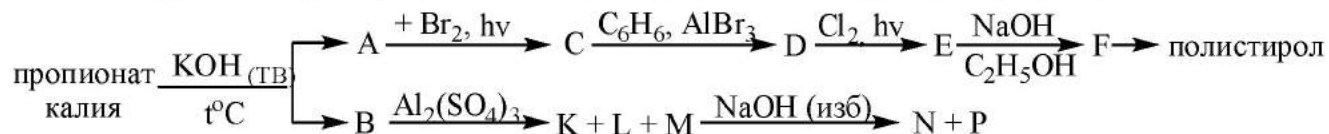
Элемент	Описание
1	Данный химический элемент находится в 3 периоде, имеет одинаковую валентность в водородном соединении и в высшем оксиде
2	В природе встречаются 2 стабильных изотопа, с массовым числом 35 и 37. Максимальная степень окисления равна +7
3	Все аллотропные модификации вещества до конца не изучены. Наиболее известными являются три модификации: белый, красный и черный, которые отличаются строением, физическими и химическими свойствами. Белый $\xrightarrow[320^\circ\text{C, без O}_2]{}$ красный $\xrightarrow[200^\circ\text{C, 12000 атм}]{}$ 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 $[\text{Ne}]3s^1$
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 $3d^54s^1$.

- $\text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HX} + \text{O}_2$
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{X} = \text{C}_6\text{H}_5\text{OX} + \text{H}_2$
- $\text{X} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{X}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- $\text{X} + \text{HF} = \text{H}_2[\text{XF}_6] + \text{H}_2$
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{XCl}_5 = \text{CH}_3\text{COCl} + \text{XOCl}_3 + \text{HCl}$
- $\text{X}_2 + \text{NaOH} = \text{NaXO}_3 + \text{NaX} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{X}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2(\text{изб.}) = \text{X}(\text{HCO}_3)_2$
- $\text{K}_2\text{X}_2\text{O}_7 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{XO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{XO}_2 + \text{HCl} = \text{XCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{X} + \text{HCl} = \text{XCl}_2 + \text{H}_2$

Расставьте коэффициенты.

Задание 11-2

Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Известно, что вещество А – углеводород, массовая доля углерода в котором 80 %, а плотность по воздуху 1,0345.

Укажите названия веществ А – Р.

Задание 11-3

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 11-4

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) и массовую долю веществ, присутствующих в растворе.

Задание 11-1

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.

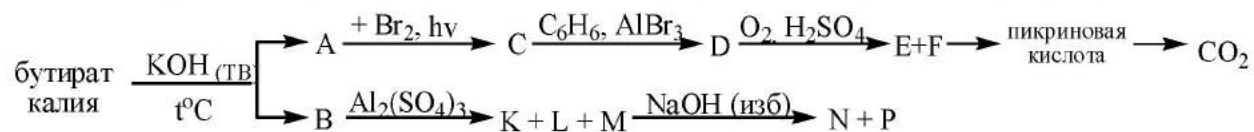
Элемент	Описание
1	Данный химический элемент находится во 2 периоде, имеет одинаковую валентность в водородном соединении и в высшем оксиде
2	В форме двухатомных молекул Э ₂ составляет большую часть атмосферы Земли. Максимальная степень окисления равна +5
3	Существование аллотропных модификаций связано 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 .

- $X + H_2SO_{4(\text{конц.})} = CO_2 + SO_2 + H_2O$
- $X_2 + H_2 = XH_3$
- $F_2 + NaXH = NaF + H_2X + XF_2$
- $X(OH)_2 + CO_{2(\text{изб.})} = X(HCO_3)_2$
- $X + KOH \rightarrow K_2X + K_2XO_3 + H_2O$
- $C_6H_5OH + X = C_6H_5OX + H_2$
- $X + Cl_2 = XCl_3$
- $X(NO_3)_2 = XO + O_2 + NO_2$
- $X + NaOH + H_2O = Na_2[X(OH)_4] + H_2$
- $C_4H_9OH + PX_3 \rightarrow C_4H_9X + H_3PO_3$

Расставьте коэффициенты.

Задание 11-2

Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Известно, что вещество А – углеводород, массовая доля углерода в котором 81,8 %, а плотность по азоту 1,57.

Укажите названия веществ А – Р.

Задание 11-3

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 11-4

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 и воды (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) и массовую долю всех веществ, присутствующих в растворе.