

**Вузовский этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников
Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2018-2019 г.
Олимпиадные задания по химии.
9 класс (1 вариант).**

Задание 1. На схемах 6 уравнений реакций без стехиометрических коэффициентов зашифровано 7 химических соединений одного химического элемента:

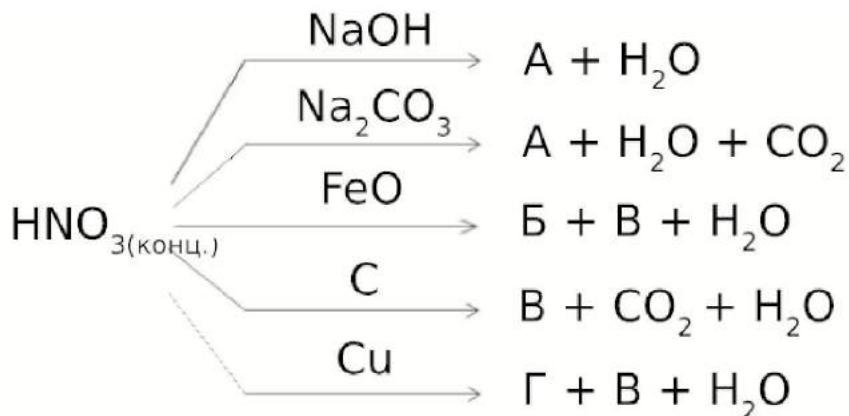
- 1) $\mathbf{A} + \mathbf{F}_2 = \mathbf{B}$;
- 2) $\mathbf{B} + \mathbf{KOH} \rightarrow \mathbf{KClO} + \mathbf{H}_2\mathbf{O}$;
- 3) $\mathbf{Г} \xrightarrow{t, {}^{\circ}\mathbf{C}} \mathbf{A} + \mathbf{O}_2$;
- 4) $\mathbf{Д} + \mathbf{NaOH}_{\text{(спирт.)}} \rightarrow \mathbf{C}_2\mathbf{H}_4 + \mathbf{E} + \mathbf{H}_2\mathbf{O}$;
- 5) $\mathbf{E} + \mathbf{H}_2\mathbf{SO}_4 \xrightarrow{t, {}^{\circ}\mathbf{C}} \mathbf{Ж} + \mathbf{NaHSO}_4$;
- 6) $\mathbf{A} + \mathbf{H}_2 \xrightarrow{t, {}^{\circ}\mathbf{C}} \mathbf{Ж}$.

Дополнительно известно:

- **А** – простое вещество;
- **Б** – бесцветный ядовитый газ с сильным раздражающим запахом, плотность его по воздуху 3,19;
- **В** и **Г** – два оксида, в которых массовая доля кислорода равна 18,4 и 47,4 % соответственно;
- **Д** – органическое вещество с молярной массой 64,5 г/моль;
- **Е** – бинарное (двухэлементное) вещество, белый порошок, знакомый каждому с детства;
- газ **Ж** очень хорошо растворим в воде, при комнатной температуре и атмосферном давлении в 1 объеме воды растворяется 450 объемов газа **Ж**.

- a) Вставьте подходящие соединения в соответствующие химические реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты там, где это необходимо.
- b) Дайте названия соединениям **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Е**, **Ж**.
- c) Рассчитайте, сколько литров газа **Ж** может раствориться в 40 мл воды при описанных условиях.

Задание 2. Вашему вниманию предлагается схема превращений различных реагентов при действии на них концентрированной азотной кислоты.



- a) Установите формулы, напишите названия и укажите классы веществ **А** – **Г**.
- b) Напишите уравнения представленных на схеме реакций, расставьте коэффициенты. Для окислительно-восстановительных реакций укажите окислитель и восстановитель.

Продолжение см. на следующей странице

Задание 3. Преципитат – фосфорное удобрение и минеральная подкормка для животных, основным компонентом которого является двухводная кислая соль **X**, содержащая 23,3 % (масс.) кальция, 18,0 % (масс.) фосфора, 55,8 % (масс.) кислорода и 2,9 % (масс.) водорода. Получают его при взаимодействии ортофосфорной кислоты и известняка.

- а) Установите формулу и напишите название вещества **X**. Подтвердите ответ расчетом.
б) Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу (в кг) преципитата, которое можно получить в результате взаимодействия 200 л фосфорной кислоты ($\omega = 96\%$ (масс.); $\rho = 1,819 \text{ кг/л}$) и 363 кг карбоната кальция.

Растворимость преципитата в воде при 20°C равна 4,5 г на 100 мл воды. Сельскохозяйственная норма для внесения в почву этого удобрения составляет 15-20 г на 1 м^2 поверхности почвы (при перекопке на глубину 30 см).

- в) Определите объем воды, который должен содержаться в слое почвы с поверхностью 1 м^2 и глубиной 30 см, чтобы в нем могло раствориться 15,5 г удобрения, внесенного на площади 1 м^2 .

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2018-2019 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

9 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

Вставьте пропущенный текст в следующие фразы.

- 1.1. При электролизе водного раствора CuCl_2 на катоде выделяется **медь**, а на аноде **хлор**.
- 1.2. Среди перечисленных неметаллов (кислород, сера, азот, фтор) самым активным является **фтор**, а наименее активным **азот**.
- 1.3. Высшая степень окисления серы +6, а кислорода +2.
- 1.4. Среди перечисленных металлов (свинец, медь, железо, алюминий) самым активным является **алюминий**, а наименее активным **медь**.
- 1.5. В растворе NaNO_2 окраска лакмуса **синяя**, а в растворе Na_2SO_4 - **фиолетовая**.
- 1.6. При кипячении серы в избытке раствора щелочи образуются ионы S^{2-} (**сульфида**) и SO_3^{2-} (**сульфита**).
- 1.7. Продуктом восстановления перманганат-иона в кислой среде является ион Mn^{2+} , а в щелочной среде ион MnO_4^{2-} .
- 1.8. Атомы и группы атомов, отдавая электроны превращаются в **катионы**, а принимая электроны превращаются в **анионы**.
- 1.9. При горении аммиака на воздухе образуются **азот и вода**.
- 1.10. Степени окисления хлора в продуктах реакции газообразного хлора с горячим раствором щёлочи **-1** и **+5**.

Каждый правильный ответ по 1 баллу

$1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$ баллов.

ИТОГО

20 баллов

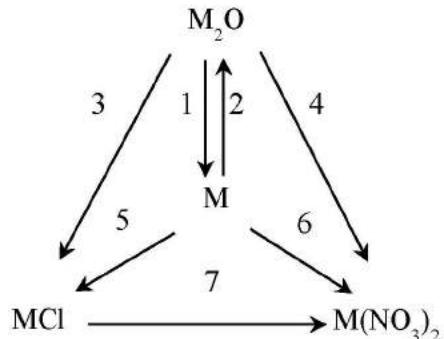
Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

- 2.1. На представленной Вашему вниманию схеме приведены превращения элемента M. Образуемое этим элементом простое вещество известно человеку с древнейших времен. Это пластичный металл золотисто-розового цвета, его оксиды коричнево-красного и черного цвета, а соли обычно окрашены в голубой или зеленый цвета.

1. Назовите металл.

1. Из описания свойств металла следует, что этот металл - медь.

1. За название металла 2 балла



2 балла

2. Напишите уравнения одностадийных реакций, с помощью которых можно осуществить превращения, приведенные на схеме. Укажите условия протекания реакций.

2. 1. $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 \xrightarrow{t} 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (или CO, Mg и др.); 2. $4\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{недост.}} 2\text{Cu}_2\text{O}$;
3. $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 2\text{CuCl} + \text{H}_2\text{O}$; 4. $\text{Cu}_2\text{O} + 6\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{конц.}} 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;
5. $2\text{Cu} + \text{HCl}_{\text{газ.}} \xrightarrow{t} 2\text{CuCl} + \text{H}_2$ или $4\text{Cu} + 4\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 4\text{CuCl} + 2\text{H}_2\text{O}$;
6. $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{конц.}} \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
7. $6\text{CuCl} + 16\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{конц.}} 6\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 4\text{NOCl} + \text{Cl}_2$ ($\text{HCl} + \text{NO}_2$ засчитываются) или $3\text{CuCl} + 7\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{разб.}} 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} + 3\text{HCl}$.

2. За каждое уравнение реакции по 1 баллу (без коэффициентов по 0,5 балла) 7 баллов

3. Вычислите массу руды, необходимую для получения 1 кг металла, если руда содержит 60% минерала, являющегося оксидом этого металла(I). Назовите минерал.

3. Минерал, являющийся оксидом меди(I) - куприт. В 143 г Cu_2O содержится 127 г меди. Тогда 1000 г меди содержится в $1000 \cdot 143 / 127 = 1126$ г куприта. Масса руды составит $1126 / 0,6 = 1876,6$ г или 1,88 кг.

3. За расчет массы руды

3 балла

Название минерала 1 балл

1 балл

4. Вычислите объем раствора азотной кислоты ($\omega = 70$ масс. %, плотность раствора 1,4134 г/мл), необходимый для полного растворения полученного металла. Определите массовую долю нитрата металла в полученном растворе.

4. Азотная кислота с концентрацией выше 60 % называется концентрированной и реагирует с медью в соответствии с уравнением реакции 6 (см. п. 2).

Тогда $n(HNO_3) = 4n(Cu) = 4 \cdot 1000 / 63,5 = 63$ моль. Отсюда $m(HNO_3) = 63 \cdot 63 = 3969$ г.

$m(p\text{-ра } HNO_3) = 3969 / 0,7 = 5670$ г, $V(p\text{-ра}) = 5670 / 1,4134 = 4012$ мл или 4,012 л.

$n(Cu(NO_3)_2) = n(Cu) = 1000 / 63,5 = 15,75$ (моль), $m(Cu(NO_3)_2) = 15,75 \cdot 187,5 = 2953$ г.

$m(p\text{-ра } HNO_3) = m(p\text{-ра } HNO_3) + m(Cu) - m(NO_2) = 4012 \cdot 1,4134 + 1000 - 2 \cdot 15,75 \cdot 46 = 5223$ г.

$\omega(Cu(NO_3)_2) = 2953 / 5223 = 0,565$ или 56,5 %.

4. За вывод о том, что азотная кислота концентрированная (из массовой доли, молярной концентрации или плотности) **2 балла**

За расчет объема раствора азотной кислоты 3 балла **3 балла**

За определение массовой доли нитрата металла 4 балла **4 балла**

(За верные расчеты (без явного указания, что кислота конц.) по уравнению реакции с выделением NO_2 ставятся 1+3+4 балла, с выделением NO 0+3+4 балла).

ИТОГО

22 балла

2.2. А, В и С – это элементы одного малого периода. У А столько валентных электронов, сколько электронов на внешнем электронном уровне элемента D, находящегося в IVB группе. У В число электронов на последнем энергетическом уровне совпадает с общим количеством электронных слоев элемента D. Если D отдаст четыре электрона, а С примет один электрон, то у полученных ионов будет одинаковая электронная конфигурация.

1. Установите элементы А-Д. Приведите формулы их высших оксидов.

1. A - Mg, оксид MgO ; B - Si, оксид SiO_2 ; C - Cl, оксид Cl_2O_7 ; D - Ti, оксид TiO_2 .

1. За каждый элемент по 1 баллу, оксид по 1 баллу **8 баллов**

2. Расположите элементы А, В, С в порядке увеличения неметаллических свойств.

2. Mg - Si - Cl

2. За правильный ряд 1 балл **1 балл**

3. Напишите уравнения следующих реакций и дайте названия их продуктам:

а) Оксида А с оксидом В при сплавлении;

б) Высшего оксида С водой;

в) Оксида А с продуктом реакции б).

a) $MgO + SiO_2 \xrightarrow{t} MgSiO_3$ (Mg_2SiO_4) - силикат магния (ортосиликат магния);

б) $Cl_2O_7 + H_2O = 2HClO_4$ - хлорная кислота;

в) $MgO + 2HClO_4 = H_2O + Mg(ClO_4)_2$ - перхлорат магния.

3. Уравнения реакций по 2 балла, названия по 1 баллу

9 баллов

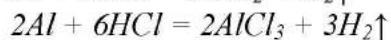
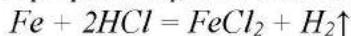
ИТОГО

18 баллов

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

3.1. Сплав **Алфér**, состоящий только из алюминия и железа (от лат. *Aluminium + Ferrum*), был разработан в 1939 г японскими исследователями Х. Масумото и Х. Сайто. Во время Второй мировой войны применялся для замены дефицитного никеля в магнитострикционных преобразователях гидролокаторов. Для установления количественного состава 2,0 г сплава растворили при нагревании в избытке соляной кислоты. К образовавшемуся раствору добавили перекись водорода и подогрели. Полученный раствор обработали избытком щелочи (NaOH), образовавшийся бурый осадок отфильтровали и прокалили при 900°C до постоянной массы. Масса остатка составила 2,5 г. Запишите уравнения всех описанных выше реакций и рассчитайте массовые доли компонентов алфера.

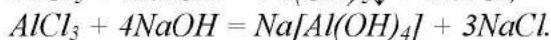
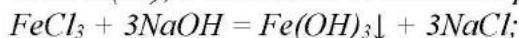
При растворении в соляной кислоте идут реакции:



При нагревании с перекисью водорода железо (II) окисляется



При обработке полученного раствора избытком щелочи в осадок выпадает гидроксид железа(III), а алюминий остается в растворе в виде гидроксокомплекса:



При прокаливании осадка: $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\text{t}} \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

*Расчет массы железа в сплаве: $m(\text{Fe}) = 112 * 2,5 / 160 = 1,75$ г.*

$\omega(\text{Fe}) = 1,75 / 2 * 100 = 87,5\%$, $\omega(\text{Al}) = 100 - 87,5 = 12,5\%$.

За уравнения реакций по 2 балла

12 баллов

Расчет массы железа в сплаве 4 балла

4 балла

Массовые доли по 2 балла

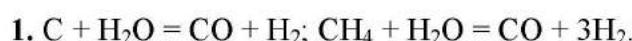
4 балла

ИТОГО

20 баллов

3.2. Процесс конверсии оксида углерода(II) водяным паром широко используется в промышленности как вторая стадия конверсии угля или природного газа, так как на первой стадии получается газовая смесь, состоящая в основном из водорода и оксида углерода(II). Реакция экзотермическая, в процессе конверсии 140 г оксида углерода(II) выделяется 206 кДж тепла.

1. Напишите уравнения реакций, происходящих на первых стадиях паровой конверсии угля и метана.



1. За уравнения реакций по 2 балла

4 балла

2. Напишите термохимическое уравнение конверсии оксида углерода(II) водяным паром.

2. В процессе конверсии $140 / 28 = 5$ моль CO выделяется 206 кДж тепла, следовательно, при конверсии 1 моль CO выделяется $206 / 5 = 41,2$ кДж тепла. Термохимическое уравнение конверсии $\text{CO}_{\text{газ}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = \text{CO}_{2\text{газ}} + \text{H}_2\text{газ} + 41,2$ кДж/моль.

2. За термохимическое уравнение реакции 7 баллов

7 баллов

(Уравнение реакции 2 балла, указание агрегатного состояния воды 1 балл, тепловой эффект в кДж/моль 4 балла).

3. Какие химические реакции называются обратимыми? Реакция паровой конверсии оксида углерода(II) относится именно к таким реакциям. В какую сторону смещается равновесие этой реакции при: а) увеличении температуры; б) увеличении концентрации водяного пара; в) уменьшении давления? Ответы поясните.

3. Обратимые реакции – это химические реакции, протекающие одновременно в двух противоположных направлениях (прямом и обратном).

а) при увеличении температуры равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, т.е. в сторону исходных веществ;

б) при увеличении концентрации водяного пара равновесие смещается в сторону его расходования, т.е. в сторону продуктов реакции;

в) давление не влияет на смещение равновесия, т.к. реакция протекает без изменения числа молей газообразных продуктов.

3. За определение 2 балла

2 балла

За верное указание направления смещения равновесия с пояснением по 1 баллу

(без пояснения по 0,5 балла)

3 балла

4. Рассчитайте объем водорода, который может быть получен из 300 л оксида углерода (II) и 795 л водяного пара при: а) полном превращении одного из реагентов; б) 80 % выходе водорода.

3. Поскольку CO и H₂ реагируют в соотношении 1:1, водяной пар в избытке. Водорода в реакции получается столько же, сколько прореагировало угарного газа, т.е.:

а) при полном превращении угарного газа образуется 300 л водорода;

*б) при 80 % выходе водорода его получится 0,8*300 = 240 л.*

3. Расчет при полном превращении 2 балла, при 80 % 2 балла

4 балла

ИТОГО

20 баллов