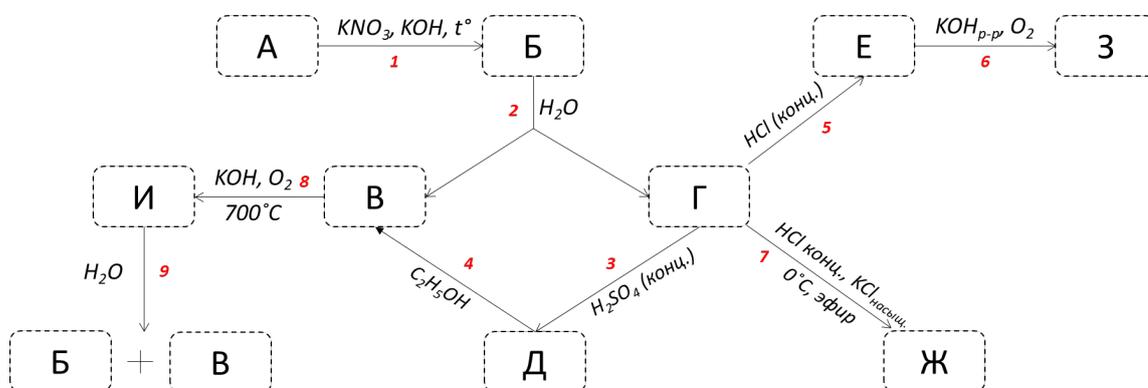


9 класс
Вариант 2

Задание 9-1



На данной схеме представлены превращения неорганических веществ **А-И**, содержащих в своем составе неизвестный элемент **А**, в атоме которого в основном состоянии содержится пять неспаренных электронов. **А** – простое вещество, образованное элементом **А**, было открыто шведским химиком и минералогом Юханом Готтлибом Ганом в 1774 году. Вещества **Б, Г, Е, Ж, И** – соли элемента **А**. **Ж** – комплексная соль элемента **А** с молярной массой 310,5 г/моль. **И** – светло-синие кристаллы, в воде диспропорционируют. Массовая доля элемента **А** в соли **И** составляет 23,3%. Вещества **В** и **Д** оксиды элемента **А**. **В** – нерастворимое в воде соединение, встречается в природе в виде минерала, из которого было получено простое вещество **А**. **Д** – неустойчивая зеленовато-бурая жидкость, сильнейший окислитель, при соприкосновении с горючими веществами, например, спиртом, воспламеняет их. **З** – гидроксид элемента **А**, в котором массовая доля элемента **А** составляет 52,38 %.

1. Установите формулы веществ **А-И**.
2. Напишите уравнения приведенных на схеме реакций (**1-9**).
3. Составьте электронно-графическую формулу элемента **А** в степени окисления, в которой он находится в соли **И**.

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
Mn	K ₂ MnO ₄	MnO ₂	KMnO ₄	Mn ₂ O ₇	MnCl ₂	K ₂ [MnCl ₅]	MnO(OH) ₂	K ₃ MnO ₄

Уравнения реакций:

- 1) $Mn + 3KNO_3 + 2KOH \rightarrow K_2MnO_4 + 3KNO_2 + H_2O$
- 2) $3K_2MnO_4 + 2H_2O \rightarrow 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KOH$
- 3) $2KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Mn_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$
- 4) $2Mn_2O_7 + C_2H_5OH \rightarrow 2CO_2 + 4MnO_2 + 3H_2O$
- 5) $2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 2KCl + 8H_2O$
- 6) $2MnCl_2 + O_2 + 4KOH \rightarrow 2MnO(OH)_2 + 4KCl$
- 7) $KMnO_4 + 8HCl + KCl \rightarrow K_2[MnCl_5] + 2Cl_2 + 4H_2O$
- 8) $4MnO_2 + 12KOH + O_2 \rightarrow 4K_3MnO_4 + 6H_2O$



Электронная формула Mn^{+5} $[\text{Ar}] 3d^2 4s^0$

Критерии оценивания:

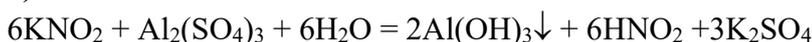
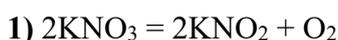
- Верно определены формулы веществ **А-Ж** – по 1 баллу за каждое вещество
Верно определены формулы веществ **З** и **И**, подтвержденные расчетом – **по 1,5 балла** за каждое вещество
- Верно написаны уравнения реакций 1-9 - 1 балл за каждое уравнение реакции
- Верно составлена электронно-графическая формула элемента **А** в соединении **И** – **1 балл**

Задание 9-2

В тигель поместили 37 г нитрата калия и нагрели. В процессе нагревания произошло частичное разложение нитрата калия, и масса содержимого тигля уменьшилась на 4,8 г. Содержимое тигля растворили в 250 мл воды, к полученному раствору добавили 180 г 35%-ного раствора сульфата алюминия и наблюдали образования осадка.

- Напишите уравнения проведенных реакций.
- Вычислите массу осадка.
- Рассчитайте массовую долю (%) катионов алюминия в конечном растворе.
- В процессах производства минеральных удобрений используется реакция нитрата калия с серой: напишите ее уравнение. Смесь нитрата калия с серой и углем использовали в артиллерии в составе черного пороха: напишите уравнение реакции, проходящей при взрыве смеси.

Решение:



$w(\text{Al})_{\text{в Al}(\text{OH})_3} = (27/78) \cdot 100\% = 34,61\%$

2) $n(\text{O}_2) = 4,8/32 = 0,15$ моль

$n(\text{KNO}_2) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,3$ моль

$n[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3\text{исходн.}}] = 0,35 \cdot 180/342 = 0,184$ моль -избыток

$n[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0,3/3256 = 0,1$ моль

$m[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0,1 \cdot 78 = 7,8$ г

3) $n[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3\text{прореаг.}}] = 0,3/6 = 0,05$ моль

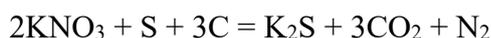
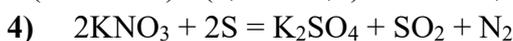
$n[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3\text{остаток.}}] = 0,184 - 0,05 = 0,134$ моль

$n(\text{Al}^{3+}_{\text{остаток.}}) = 2 \cdot n[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3\text{остаток.}}] = 2 \cdot 0,134 = 0,268$ моль

$m(\text{Al}^{3+}_{\text{остаток.}}) = 0,268 \cdot 27 = 7,24$ г

$m(\text{конечн. р-ра.}) = m(\text{KNO}_{3\text{зисх.}}) - m(\text{O}_2\uparrow) + m(\text{H}_2\text{O}) + m[\text{р-ра Al}_2(\text{SO}_4)_3] - m[\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow] =$
 $= 37 - 4,8 + 250 + 180 - 7,8 = 454,4$ г

$w(\text{Al}^{3+}_{\text{остаток.}}) = (7,24/454,4) \cdot 100\% = 1,59\%$



Критерии оценивания:

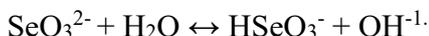
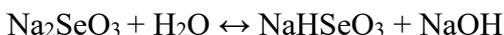
1. За уравнения по **2 балла**.
Вычисление массовой доли алюминия – **2 балла**.
2. Вычисление массы гидроксида алюминия - **4 балла**;
3. Вычисление массы Al^{3+} оставшегося в растворе – **2 балла**;
Вычисление массы раствора - **2 балла**;
- Расчет массовой доли ионов алюминия - **2 балла**.
4. За уравнения – **по 2 балла**.

Задание 9-3

Для активации роста и развития семена редиса и ячменя замачивают в растворе, приготовленном растворением 0,5 мг селенита натрия в 100 мл воды. При этом наблюдали изменение pH раствора (изменением объема пренебречь)

1. Напишите в ионной и молекулярной форме уравнения гидролиза соли.
2. Рассчитайте степень гидролиза соли и pH полученного раствора, если константы диссоциации селенистой кислоты имеют значения:
 $H_2SeO_3 \leftrightarrow H^+ + HSeO_3^-, K_{1д} = 3,5 \cdot 10^{-3}$
 $HSeO_3^- \leftrightarrow H^+ + SeO_3^{2-}, K_{2д} = 5 \cdot 10^{-8}$
3. Определите концентрацию гидроксид-ионов в растворе.

Решение:



$$M(Na_2SeO_3) = 173 \text{ г/моль}; c = 10 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} / 173 = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

$$K_{гидр} = 10^{-14} / 5 \cdot 10^{-8} = 0,2 \cdot 10^{-6}$$

$$h = \sqrt{0,2 \cdot 10^{-6} / 0,29 \cdot 10^{-4}} = 0,083 \text{ (8.32\%)}$$

$$[OH^-] = 0,083 \cdot 0,29 \cdot 10^{-4} = 0,024 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$pOH = 5.62$$

$$pH = 8.38$$

Критерии оценивания:

1. Уравнения гидролиза в молекулярной и ионной форме – **4 балла**.
2. Степень гидролиза соли – **4 балла**.
3. Константа гидролиза соли – **4 балла**.
4. Величина pH – **4 балла**.
5. Концентрация OH^- , моль/л – **4 балла**.

Задание 9-4

Раствор объемом 400 мл, содержащий сульфат висмута(III), сульфат ртути(II) и серную кислоту, подвергли электролизу в течение 4 часов и 40 минут с силой тока 2,88 А.

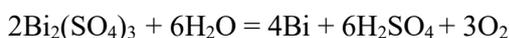
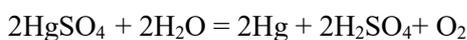
Процесс остановили, когда в растворе не осталось катионов металлов. После отключения внешнего источника питания на катоде образовалось 41 г осадка.

1. Запишите уравнения электролиза солей.
2. Рассчитайте молярные концентрации сульфата висмута(III), сульфата ртути(II) в исходном растворе. Значение постоянной Фарадея примите равным 96500 Кл/моль.
3. Используя приведенный электрохимический ряд напряжений металлов, определите, какой металл в первую очередь восстанавливался при электролизе. Рассчитайте время, в течение которого он полностью восстановился.

Электрохимический ряд напряжений металлов

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Cr	Fe	Cd	Pb	H	Sb	Bi	Cu	Ag	Hg	Pd	Pt	Au
----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Решение:



$$n(e) = I \cdot t / F = 2,88 \cdot 16800 / 96500 = 0,5 \text{ моль}$$

$$\text{Пусть } n(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = x \text{ моль, а } n(\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3) = y \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } n(e \text{ в реакции 1}) = 2x \text{ моль, а } n(e \text{ в реакции 2}) = 6y \text{ моль}$$

$$M(\text{Hg}) = 201x \text{ г., } m(\text{Bi}) = 418y \text{ г.}$$

Составим систему

$$2x + 6y = 0,5$$

$$201x + 418y = 41$$

$$x = 0,1$$

$$y = 0,05$$

$$C(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 / 0,4 = 0,25 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,05 / 0,4 = 0,125 \text{ моль/л}$$

$$t = F \cdot n \cdot z / I = 96500 \cdot 0,1 \cdot 2 / 2,88 = 6701 \text{ с } \text{Hg}(\text{NO}_3)_2$$

Критерии оценивания:

1. За написание уравнения электролиза каждой соли – **по 1,5 балла**.
2. За нахождение количества моль электронов – **4 балла**.
За составление системы уравнений – **3 балла**. Если верно решена, то + **1 балл**.
За расчет молярной концентрации каждой соли – **по 2 балла**.
3. За правильное определение металла – **2 балла**.
За правильно рассчитанное время – **3 балла**.

Задание 9-5

Эффективным методом определения возраста останков животных и растений является радиоуглеродный анализ, основанный на определении содержания в них изотопа углерода-14, единственного из радиоактивных изотопов углерода, который имеется в природе. Он постоянно образуется в верхних слоях атмосферы при бомбардировке атомов азота нейтронами космических лучей по реакции: ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$. Данный изотоп самопроизвольно подвергается β -распаду и его содержание в природе остается примерно постоянным. Содержание изотопа углерода-14 в живых организмах такое же, как в воздухе, поскольку они постоянно обмениваются атомами углерода с окружающей средой, как, например, это делают растения в процессе фотосинтеза. После гибели живого организма такой обмен прекращается, и содержание изотопа углерода-14 медленно убывает: период полураспада $T_{1/2}$, то есть время, в течение которого распадается половина всех имеющихся атомов, равен 5730 лет. Датирование основано на сравнении содержания углерода-14 в исследуемом образце останков с фоновым содержанием данного изотопа в природе.

При раскопках, проводимых в 1860 г. в пещере Гойе на территории современной Бельгии, был найден скелет, идентифицированный как скелет домашней собаки. В 21 веке команда ученых провела радиоуглеродный анализ скелета. Результаты радиоуглеродного анализа: в исследуемом образце скелета на 0,36 г углерода приходится $2,82 \cdot 10^8$ атомов изотопа углерода-14.

1. Рассчитайте, во сколько раз уменьшилось содержание углерода-14, если фоновое содержание этого изотопа в природе составляет 10^{12} моль на 1 моль атомов углерода.
2. Используя значение периода полураспада, вычислите, сколько лет прошло с гибели собаки.

Решение:

Число молей углерода $0,36/12 = 3 \cdot 10^{-2}$ моль.

Если бы сохранялось исходное содержание, то число молей углерода-14: $3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{12} = 3 \cdot 10^{10}$ моль радиоактивного изотопа, и это $1,806 \cdot 10^{10}$ атомов

У нас $2,82 \cdot 10^8$

Уменьшилось в $1,806 \cdot 10^{10} / 2,82 \cdot 10^8 = 64$ раза это 2^6 .

Период: $6 \cdot 5730 = 34380$ лет

Критерии оценивания:

1. За расчет во сколько раз уменьшилось содержание углерода-14 – 8 баллов
2. За расчет возраста - 12 баллов