

**Областная олимпиада по химии им. Н.Н. Семёнова
2018-2019 учебный год**

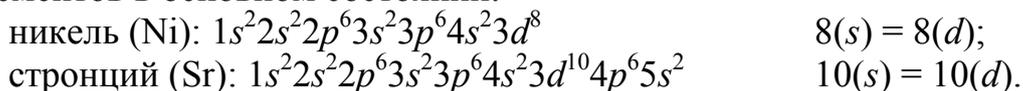
7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 100)

Задача 1

Решение.

Условию задачи удовлетворяют электронные конфигурации атомов двух элементов в основном состоянии:



Ответ: Ni или Sr.

Разбалловка: (6 баллов)

за правильное написание электронной конфигурации и подсчет числа электронов – 6 баллов.

Задача 2

Решение.

1. Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} A(X) = 4A(Y) \\ A(Z) = 2A(Y) \\ A(X) - A(Y) = 48 \end{cases}, 4A(Y) - A(Y) = 48,$$

$$3A(Y) = 48, A(Y) = 16, A(Z) = 32, A(X) = 64.$$

Получаем, что элемент **X** – это медь (Cu), элемент **Y** – кислород (O), а элемент **Z** – сера (S).

2. Между собой эти элементы могут образовывать несколько химических соединений – кислородсодержащих солей кальция:

- CuSO₄ – сульфат меди (II);
- Cu₂SO₄ – сульфат меди (I);
- CuSO₃ – сульфит меди (II);
- Cu₂SO₃ – сульфат меди (I).

Ответ: элемент **X** – это медь (Cu), элемент **Y** – кислород (O), элемент **Z** – сера (S), химические соединения – CuSO₄, Cu₂SO₄, CuSO₃, Cu₂SO₃.

Разбалловка: (10 баллов)

за составление системы уравнений и определение элементов – 5 баллов,

за определение элементов – 3 балла,

за названия и формулы соединений – 2 балла (по 0.5 балла за каждое соединение).

Задача 3

Решение.

1. По совокупности сведений о названии элемента, образуемых им оксидов (основной, амфотерный и кислотный), а также цепочке превращений

нетрудно установить, что в состав веществ **А-Е** входит хром (Cr). Следовательно, простое вещество **А** - Cr.

2. Запишем уравнения реакций:

- 1) $2\text{Cr} + \text{KClO}_3 \xrightarrow{500-700^\circ\text{C}} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KCl}$, **Б** – оксид хрома (III) (Cr_2O_3);
- 2) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KClO}_3 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{500-700^\circ\text{C}} 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + 2\text{CO}_2$, **В** – хромат калия (K_2CrO_4);
- 3) $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{p-p})} \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, **Г** – дихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);
- 4) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_{4(96\% \text{ p-p})} \rightarrow 2\text{KHSO}_4 + 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, **Д** – оксид хрома (VI) (CrO_3);
- 5) $\text{CrO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_2 \rightarrow \text{CrO} + \text{H}_3\text{PO}_4$, **Е** – оксид хрома (II) (CrO).

3. Хром - важный компонент во многих легированных сталях (в частности, нержавеющей), а также и в ряде других сплавов. Добавка хрома существенно повышает твердость и коррозионную стойкость сплавов. Используется в качестве износостойчивых и красивых гальванических покрытий (хромирование). Хром применяется для производства сплавов: хром-30 и хром-90, незаменимых для производства сопел мощных плазмотронов и в авиакосмической промышленности.

Ответ: **А** – Cr; **Б** – Cr_2O_3 ; **В** – K_2CrO_4 ; **Г** – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; **Д** – CrO_3 ; **Е** – CrO.

Разбалловка: (17 баллов)

за определение вещества хрома (А) – 1 балл,

за указание областей применения хрома (А) – 1 балл,

за определение веществ Б-Е (по 1 баллу за вещество) – 5 баллов,

за реакции 1-5 (за каждую по 2 балла) – 10 баллов.

Задача 4

Решение.

1. Определим массовую долю $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в насыщенном при 100°C растворе.

$$\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{89 \cdot 100\%}{89 + 100} = 47.09\%.$$

2. Определим мольную долю $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в насыщенном при 100°C растворе.

$$N(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{(89/342) \cdot 100\%}{(89/342) + (100/18)} = 4.47\%.$$

3. Определим массовую долю $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в насыщенном при 20°C растворе.

$$\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{36.2 \cdot 100\%}{36.2 + 100} = 26.58\%.$$

4. Определим массовую долю безводной соли $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в кристаллогидрате.

$$\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot 100\%}{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot 18\text{H}_2\text{O}} = \frac{342 \cdot 100\%}{666} = 51.35\%.$$

5. Вычислим массу сульфата алюминия в 500 г насыщенного раствора при 100°C.

$$\begin{aligned} 89 \text{ г } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 &- \text{ в } 189 \text{ г раствора} \\ x \text{ г } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 &- \text{ в } 500 \text{ г раствора,} \\ x = m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) &= 235.45 \text{ г} \end{aligned}$$

6. Пусть при охлаждении до 20°C выпало x г осадка кристаллогидрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и образовался насыщенный раствор, массовая доля сульфата алюминия в котором равна 26.58%.

$$\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{(235.45 - 0.5135 \cdot x) \cdot 100\%}{500 - x} = 26.58\%.$$

$x=414$ г- масса выкристаллизовавшегося кристаллогидрата.

Ответ: а) масса выкристаллизовавшегося кристаллогидрата 414 г.; б) $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)=47.09\%$; в) $N=4.47\%$.

Разбалловка: (18 баллов)

за определение $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ в насыщенном растворе при 100°C – 3 балла,
за определение $N(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ в насыщенном растворе при 100°C – 3 балла,
за определение $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ в насыщенном растворе при 20°C – 3 балла,
за определение массовой доли безводной соли $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в кристаллогидрате – 3 балла,
за определение массы выкристаллизовавшегося кристаллогидрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – 6 баллов.

Задача 5

Решение.

1. Элемент, имеющий электронную конфигурацию внешнего электронного уровня $2s^2p^4$ - это кислород. Определим массовую долю кислорода в минерале:

$$\omega(\text{O}) = 100\% - 2.24\% - 36.86\% - 19.87\% = 41.03\%.$$

2. Общая формула, характеризующая состав минерала - $\text{Li}_x\text{Na}_y\text{P}_z\text{O}_e$. Определим коэффициенты x , y , z и e , составив атомный фактор:

$$x : y : z : e = \frac{2.24}{7} : \frac{36.86}{23} : \frac{19.87}{31} : \frac{41.03}{16} = 0.32 : 1.6026 : 0.64097 : 2.5644 = 1 : 5 : 2 : 8.$$

Таким образом, получаем - $\text{LiNa}_5(\text{PO}_4)_2$ или $\text{LiNa}_2\text{PO}_4 \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4$ (двойная соль).

Ответ: $\text{LiNa}_5(\text{PO}_4)_2$ или $\text{LiNa}_2\text{PO}_4 \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4$.

Разбалловка: (11 баллов)

за установление кислорода - 2 балла,
за определение массовой доли кислорода – 2 балла,
за составление атомного фактора – 5 балла,
за составление молекулярной формулы – 2 балла.

Задача 6

Решение.

- 1) $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ – гидрофосфат аммония-натрия (*двойная соль*);
- 2) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ – сульфат железа(II)-аммония (*двойная соль*);
- 3) $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – карбонат магния-кальция (*двойная соль*);
- 4) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – основной карбонат меди (II) (дигидрокарбонат меди(II)) (*основная соль*);
- 5) $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ – силикат алюминия-лития (*двойная соль*);
- 6) $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH})_2$ – основной ортосиликат алюминия (дигидрокарбонат алюминия) (*основная соль*);
- 7) $\text{Na}_3\text{CO}_3(\text{HCO}_3)$ – карбонат-гидрокарбонат натрия (*смешанная соль*);
- 8) $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ – сульфат хрома(III)-калия (*двойная соль*);
- 9) KNaS_2O_7 – дисульфат калия-натрия (*двойная соль*);
- 10) $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ – гексагидроксиалюминат натрия (*комплексная соль*);
- 11) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – дихромат аммония (*средняя соль*);
- 12) $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – шестиводный хлорид калия-магния (карналит) (*двойная соль*);
- 13) $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ – хлорид-гипохлорит кальция (*смешанная соль*).

Разбалловка: (13 баллов)

за правильный ответ по 1 баллу за каждое вещество - 13 баллов.

Задача 7

Решение.

1. Условию задачи (состав и цвет вещества, а также его применение для получения кислорода) указывает на то, что вещество *A* – дихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294$ г/моль).

2. Запишем уравнение реакции:



3. Определим объём выделившегося кислорода:

$$\frac{1.47\text{г}}{1176\text{г}} = \frac{V(\text{O}_2)}{67.2\text{л}}; \quad V(\text{O}_2) = 0.084 \text{ л.}$$

4. Определим массу сухого остатка. После полного завершения реакции в сухом остатке присутствуют хромат калия и оксид хрома (III):

$$m(\text{K}_2\text{CrO}_4): \quad \frac{1.47\text{г}}{1176\text{г}} = \frac{m(\text{K}_2\text{CrO}_4)}{776\text{г}}; \quad m(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 0.97 \text{ г,}$$

$$m(\text{Cr}_2\text{O}_3): \quad \frac{1.47\text{г}}{1176\text{г}} = \frac{m(\text{Cr}_2\text{O}_3)}{304\text{г}}; \quad m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0.38 \text{ г.}$$

Таким образом, масса сухого остатка: $m(\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_3) = 0.38 + 0.97 = 1.35$ г.

5. Используем уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона для вычисления изменения давления в баллоне:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T,$$

$$p = \frac{\nu RT}{V},$$

$$\Delta p = \frac{\Delta \nu RT}{V} = \frac{\Delta m}{M} \cdot \frac{RT}{V} = \frac{1500 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} \cdot \frac{8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 291.15 \text{ К}}{0.05 \text{ м}^3} =$$

$$= 2268163 \text{ Па} = 22.39 \text{ атм.}$$

Ответ: 1) $V(\text{O}_2) = 0.084 \text{ л.}$; 2) $m(\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_3) = 1.35 \text{ г.}$; 3) $\Delta p = 22.39 \text{ атм.}$

Разбалловка: (15 баллов)

за определение формулы вещества А ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) - 3 балла,

за определение вещества Б (O_2) – 2 балла,

за определение массы сухого остатка – 4 балла,

за определение величины Δp – 6 баллов.

Задача 8

Решение.

По вертикали. 1. Алюминий. 2. Элемент. 3. Дэви. 4. Галлий. 5. Электрон. 6. Парацельс. 7. Изотопы. 8. Соль. 9. Нейтрон.

По горизонтали. 1. Индикатор.

Экспериментальный тур

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 30)

Предлагается *одна из возможных схем* проведения анализа, что необходимо при оценивании результатов данного этапа олимпиады.

1. Наблюдения при смешении содержимого пробирок заносятся в таблицу. При этом учитывается, что одно из предложенных твердых веществ не растворяется в воде, а другое хорошо растворимо. Отсюда следует вывод, что нерастворимый в воде белый порошок – карбонат кальция CaCO_3 , а растворимый – одна из предложенных солей (KI , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3).

2. С индикаторной бумаги может быть легко обнаружен раствор соляной кислоты (*раствор HCl*): универсальная индикаторная бумага в растворе кислоты окрашивается в **красный цвет**. Подтвердить своё наблюдение можно и с помощью ранее обнаруженного CaCO_3 , прибавление к которому раствора HCl приводит выделению бесцветного газа. Это единственная реакция, идущая с выделением газа с участием предложенных реактивов.

3. С помощью индикаторной бумаги легко обнаруживается и *раствор NaOH* – бумага окрашивается в **синий цвет**.

4. С помощью обнаруженного раствора NaOH могут быть идентифицированы нитрат свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и нитрат серебра AgNO_3 . При взаимодействии нитрата свинца с раствором щелочи образуется **белый осадок** гидроксида свинца (II) ($\text{Pb}(\text{OH})_2$), а при взаимодействии растворов щелочи и нитрата серебра – **черный осадок** оксида серебра (Ag_2O).

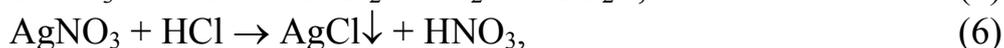
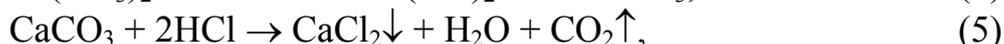
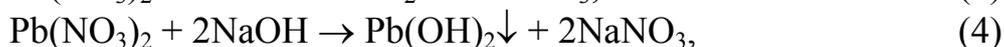
5. Иодид калия обнаруживается при взаимодействии с раствором AgNO_3 (**яркий желтый осадок**) или с раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (**желтый осадок**).

6. Все наблюдаемые эффекты заносим в таблицу:

	KI	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	HCl	NaOH	CaCO_3	AgNO_3
KI		↓ желтый	-	-	-	↓ желтый
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	↓ желтый		↓ белый	↓ белый	-	-
HCl	-	↓ белый		-	↑ без цвета	↓ белый
NaOH	-	↓ белый	-		-	↓ черный
CaCO_3	-	-	↑ (без цвета)	-		-
AgNO_3	↓ желтый	-	↓ белый	↓ черный	-	

Пояснения: ↓ - выпадает осадок (с указанием цвета); ↑ - выделяется газ (с указанием цвета); - нет видимых изменений.

7. Уравнения возможных реакций:





Разбалловка: (30 баллов)

за составление общего хода анализа и составление таблицы – 8 баллов,
за определение кислоты и щелочи (по 2 балла за вещество) – 4 балла,
за определение карбоната кальция – 2 балла,
за определение иодида калия, нитрата серебра и нитрата свинца (по 3 балла
за вещество) – 9 баллов,
за уравнения реакций (по 1 баллу за реакцию) – 7 баллов.

Внимание! Разбалловка дана применительно к данному решению. В случае другого правильного варианта решения можно использовать другую разбалловку, но суммарное число баллов не должно превышать 30!